الهندسة الكهربائية

فى الدينامو‌ات والمحركات ذوات التيار الموحد الاتجاه وكل ما يتبعها

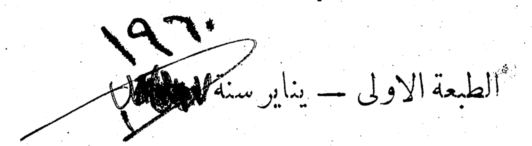
تأليف

يعقوب ميخائيل بطرس

خريج جامعة درهام

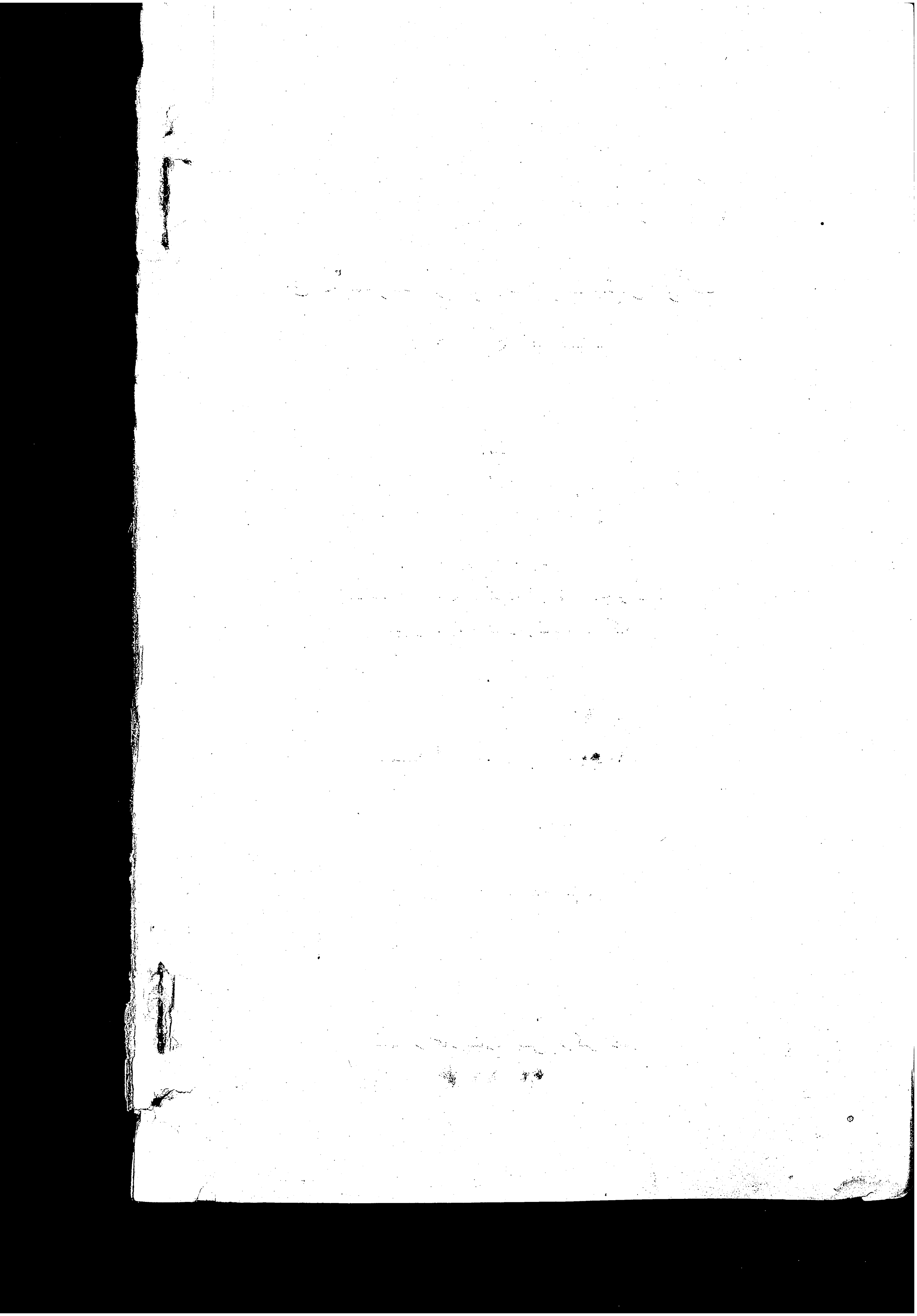
والمساعد الفنى بشركة الكهرباء البريطانية بانجلترا سابقا

والمدرس بمدرسة الفنون والصنائع الملكية



الطبعة الاولى — يناير سنة

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكبر بمصر



مقدمة

لما كان موضوع الهندسة الكهربائية من المواضيع الهامة التى يجب على الطالب الالمام بها ليس فقط لتوصله للنجاح فى الامتحانات النهائية بل لتكون اساساً صالحاً له يبنى عليه حياته العملية الكهربائية المستقبلة التى تفتقر البلاد لها افتقاراً كبيراً .

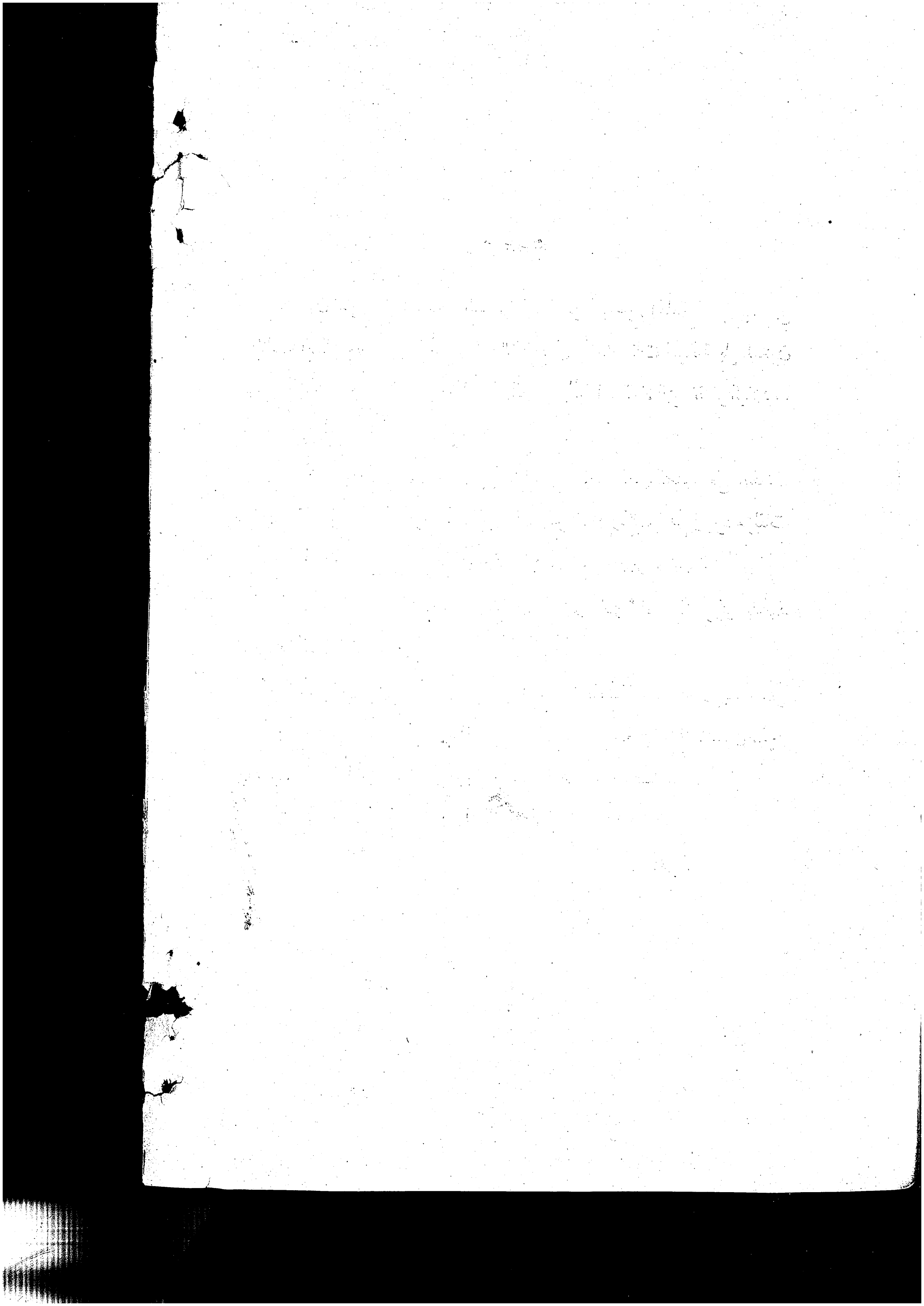
ولما لاحظته طول مدة تدريسى لهذا الفرع من النقص الظاهر على الطالب فى تفهم تفاصيل هذا الموضوع مهما اجهد المدرس نفسه وذلك لعدم وجود مؤلفات عربية فى الديناموات والمحركات وما يتبعها يسترشد بها و يرجع اليها .

لذلك اخرجت هذا المؤلف بعد احجام كبير فى بادئ الأمر لشعورى بالجهد الذى يتطلبه وضعه .

ولكنى اعتماداً على الله جل شأنه وحباً فى الفائدة العامة قد قمت اخيراً بهذا العمل وانى مستعد للاصغاء لأى انتقاد يوجه الىّ من حضرات المهندسين الذين يطلعون على هذا المؤلف بخصوص تفاصيله واصلاح ما قد فسد منه .

والله اسأل ان يوفقنا جميعاً لما فيه خير البلاد .

المؤلف



الكلمة الاولى

الفصل الأول

تعاريف أولية

بند ١ — السرعة — هى المعدل الذى يقطع به جسم متحرك مسافة ما فى وحدة الوقت فالجسم الذى يقطع ٢٤ متراً فى ٣ دقائق سرعته أو معدل مايقطعه فى الدقيقة الواحدة = $\frac{٢٤}{٣}$ = ٨ أمتار فى الدقيقة والجسم الذى يقطع ٤٠٠ كيلو متراً فى ٨ ساعات يقطع هذه المسافة بمعدل $\frac{٤٠٠}{٨}$ = ٥٠ كيلو متراً فى الساعة

وعادة تبين السرعة بالطرق التخطيطية بأن يرسم خط مستقيم طوله يبين السرعة وذلك بمقياس رسم مناسب ويعمل سهم فى احدى طرفيه يدل على اتجاه السرعة فاذا كان الجسم سرعته ٥٠ كيلو مترا فى الساعة مثلا فيمكن أن نرسم المستقيم بمقياس رسم بحيث أن المليمتر من طول خط السرعة يمثل $\frac{١}{٣}$ كيلو متر أى أن كل ٣ ملليمتر تمثل كيلو متراً فطول الخط فى هذه الحالة = ٥٠ × ٣ = ١٥ سنتيمتر (شكل ١)

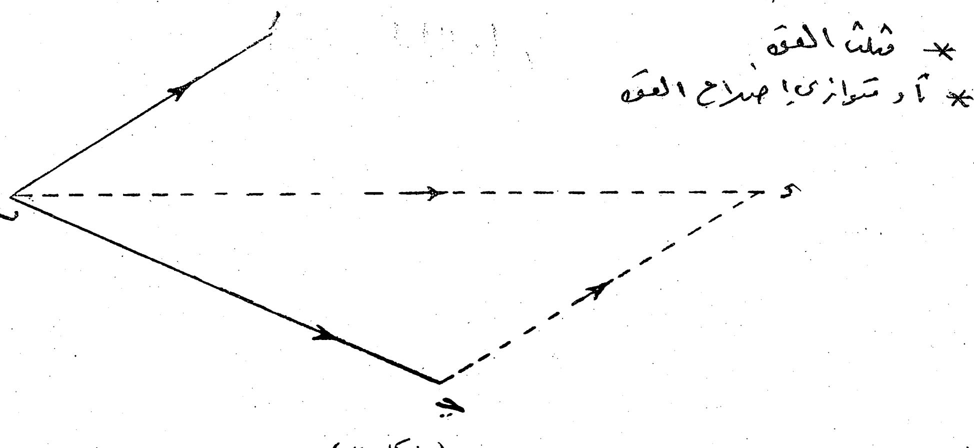
مثلث السرعة — اذا تحرك جسم بسرعتين مختلفتى الاتجاه ولكنهما ثابتتى القيمة فيمكن أن نستعيض عنهما بالطريقة التخطيطية بخط سرعة واحد يقوم مقام الاثنين فى تأثيره على حركة الجسم سواء فى

(شكل ١)

القيمة أو فى الاتجاه والمستقيمان ب ا ، ب حـ (شكل ٢) يمثلان السرعتين على الجسم ب فاذا رسمنا من نقطة حـ (نهاية احدى السرعتين) مستقيما حـ ء موازٍ

ومساوٍ لخط السرعة ب ا وفى نفس الاتجاه فالمستقيم ب ء عبارة عن خط السرعة الذى يقوم مقام خطى السرعة المبينين فى القيمة والاتجاه فى تأثيره على حركة الجسم ب . ويسمى المثلث ب حـ ء بمثلث السرعة والخط ب ء بمحصلة السرعتين

* مثلث القوة
* أو متوازى أضلاع القوة



(شكل ٢)

واتجاه سهم المحصلة فى مثلث السرعة بعكس اتجاه سهمى السرعتين (أى فى اتجاه عقرب الساعة فى الشكل المبين)

وبالعكس يمكن أن نحوّل أى سرعة الى سرعتين تقومان مقام هذه السرعة فى القيمة والاتجاه فاذا كانت سرعة جسم = ب ء (شكل ٢) نتبع الطريقة السابقة فى ايجاد السرعتين ب حـ ، حـ ء وهما ضلعا المثلث الذى فيه ب ء يكوّن الضلع الثالث وتسمى السرعتان اللتان تقومان مقام سرعة واحدة بالمركبتين لهذه السرعة

ملحوظة — يلاحظ من مثلث السرعة أن مركبتى أى سرعة ليس لكل منهما قيمة محدودة وكذلك الزاوية بينهما غير مقيدة (بشرط أن تقل عن ١٨٠°) فأى ضلعين يكوّنان مثلثاً ضلعه الثالث خط السرعة يعتبران مركبتى سرعة لهذا الضلع الثالث

كمية الحركة — اذا تحرك جسم كتلته ك بسرعة س فحاصل ضرب الكتلة فى السرعة

أى ك × $س_1$ يسمى بكمية الحركة

القوة — اذا تغيرت كمية حركة أى جسم متحرك فالعامل المسبب لهذا التغيير يسمى بالقوة فاذا فرضنا أن كمية حركة جسم تغيرت من ك $س_1$ جرام سنتيميتر الى ك $س_1'$ جرام سنتيمتر فى الثانية فالقوة المسببة لهذا التغيير

= ك ($س_1$ — $س_1'$) × ع بفرض أن ع عدد ثابت

فاذا اعتبرنا القوة وحدة اذا أثرت على حركة جسم كتلته ١ جرام فزادت أو نقصت سرعته بنسبة ١ سنتيمتر فى الثانية فى كل ثانية فالعدد الثابت ع يساوى وحدة . وعلى هذا الاعتبار تسمى وحدة القوة بالداين أو بالسنتيمتر جرام ثانية لأن الزمن بالثوانى والكتلة بالجرام والسرعة بالسنتيمتر

∴ القوة = $\frac{ك\,(س_1 - س_1')}{ز}$

* قوة تؤثر على كتلة الجرام بحيث السرعة بزيادة أو نقصانه ١ سم/ث فى كل ثانية

و يمكننا أن نبين القوة بالرسم التخطيطى كما هو الحال فى السرعة

محصلة القوات — محصلة القوات على جسم هى عبارة عن القوة التى يمكن أن تقوم مقام هذه القوات فى تأثيرها اذا استعيض بها على الجسم و تسمى هذه القوة بمحصلة القوات . فاذا فرضنا قوتين مسلطتين على جسم على استقامة واحدة فمحصلتهما تساوى مجموعهما اذا كانتا فى اتجاه واحد وتساوى الفرق بينهما اذا كانتا مضادتين . أما اذا لم تكونا على استقامة واحدة فلايجاد محصلتهما نتبع الطريقة التخطيطية السابقة لايجاد محصلة السرعة . وتسمى هذه الطريقة بمثلث القوة أو متوازى أضلاع القوة

كذلك اذا أردنا ايجاد قوتين لتقوما مقام قوة واحدة مسلطة على جسم فالطريقة السابقة لايجاد مركبتى السرعة تستعمل لايجاد مركبتى القوة

تعادل القوات — اذا كان الجسم ساكنا فيجوز أن يظل ساكناً اذا سلطت عليه جملة قوات وذلك اذا كانت محصلة هذه القوات تساوى صفراً

فالقوتان المسلطتان على جسم فى استقامة واحدة والمضادتا الاتجاه لا يسببان أى حركة للجسم اذا كانتا متساويتين . وأمثال ذلك كثيرة فالجسم الساكن الموضوع على مستوٍ أفقى والجسم الساكن المعلق بخيط كلاهما تحت تأثير قوتين مضادتين ومتساويتين

فالأول تحت تأثير جاذبية الأرض أى ثقله ومقاومة المستوى الموضوع عليه والثانى تحت تأثير ثقله ومقاومة الشد فى الخيط

الشغل — اذا تحرك جسم تحت تأثير أى قوة لمسافة ما فيقال أن هذه القوة قد عملت شغلا . أما اذا ظل الجسم ساكناً فليس هناك أى شغل معمول على الجسم مهما كانت قيمة القوة أو القوات المسلطة عليه

فالشغل يتناسب مع القوة مضروبة فى المسافة المقطوعة بالجسم بتأثير هذه القوة . أى أن الشغل = القوة × المسافة المقطوعة × عدد ثابت

ولو اعتبرنا الشغل وحدة عند ما تكون القوة وحدة والمسافة وحدة فالعدد الثابت لا بد وأن يساوى وحدة

فاذا كانت القوة = اداين ، المسافة المقطوعة ١ سنتيمتر فالوحدة المأخوذة للشغل فى هذه الحالة تسمى أرج . وبما أن الأرج وحدة صغيرة جداً فقد استعيض عنها بوحدة أخرى تسمى چول وهى تساوى ١٠^٧ ارج

أى أن اداين × ١ سنتيمتر × ١٠^٧ = ١ چول

الطاقة — الشغل الكلى الذى يمكن لأى جسم عمله يسمى بطاقته فالشغل المعمول بأى جسم هو فى الحقيقة جزء من طاقته ولذلك لا تختلف وحدات الشغل عن وحدات الطاقة (والطاقة مشروحة بشىء من التفصيل فى مقدمة الباب الأول)

الفصل الثانى

الاجسام المغناطيسية

بند ٢ — من الطرق التى يعرف بها الجسم الممغطس جاذبيته للاجسام القابلة للمغطسة مثل الحديد والصلب

ويتوقف هذا التأثير على شدة مغناطيسية الجسم الممغطس وعلى المسافة بينه وبين الجسم القابل للمغطسة

فلو فرضنا قطباً مغناطيسياً قائماً بذاته وشدة هذا القطب س وحدات مغناطيسية فالقوة الناتجة من هذه الشدة موزعة حول القطب فى جميع الجهات ومثلها مثل الضوء الذى يتشعع فى جميع الجهات حول المصدر المتشعع منه

فلو جعلنا القطب مركزاً لجسمين كرويين نصف قطريهما نق ١ نق ٢ بالسنتيمتر فالتأثير الحاصل من الشدة الكلية س على الأجسام القابلة للمغطسة يتوزع على سطحى الكرتين بحيث أن القوة الناتجة عنها على وحدة القطب الموضوعة على السنتيمتر المربع من مساحة الأولى

$$= \frac{\text{شدة القطب}}{\text{مساحة الكرة}} = \frac{س}{٤ ط نق_١^٢}$$

ومن مساحة الثانية $= \frac{س}{٤ ط نق_٢^٢}$

شكل (٣)

اذاً نسبة القوة على وحدة مساحة سطح الكرة الاولى اليها على سطح الكرة الثانيـة $\frac{نق_١^٢}{نق_٢^٢}$

نستنتج من ذلك أن قوة أى قطب مغناطيسى على أى جسم قابل للمغطسة موضوع على نقطة تبعد عنه تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بينه وبين هذه النقطة . ويسمى هذا القانون بقانون التربيع العكسى

فلو فرضنا أن س = شدة القطب فالقوة على وحدة قطب يبعد عنه ف سنتيمتر $= \frac{\text{س}}{\text{ف}^2}$

القوة المتبادلة بين مغناطيسين

بند ٣ — دلت التجارب الأولية على أن القوة المتبادلة بين قطبين مغناطيسين تتناسب تناسباً طردياً مع شدتيهما (وهذه القوة أما أن تكون قوة تنافر اذا كانا من نوع واحد أو تجاذب اذا كانا مختلفين) والسؤال الذى يتبادر الى الذهن من الوجهة النظرية هو لماذا تتناسب القوة المتبادلة مع حاصل ضرب شدتيهما وليس مع مجموعهما مثلا

فلنفرض أنها تتناسب مع المجموع فمعنى ذلك أن الجسم الغير قابل للمغطسة الموضوع أمام مغناطيس يجب أن يتأثر بقوة تتناسب مع س + صفر بفرض أن س = شدة المغناطيس

مع العلم أن شدة مغناطيسية الجسم الغير قابل للمغطسة = صفر ولكن الحقيقة ليست هناك أى قوة على الجسم الغير قابل للمغطسة بدليل عدم وجود أى تأثير بالمرة كما هو معروف

اذا لا بد وأن تتناسب القوة المتبادلة مع س × صفر أى تساوى صفراً فى هذه الحالة

أما الجسم القابل للمغطسة فعندما يوضع أمام مغناطيس فالجسم يتمغطس أولا بالتأثير (راجع الكتب الأولية) فيصبح مغناطيسياً وبذلك ينجذب بنسبة حاصل ضرب الشدتين

فلو فرضنا أن س_2 ، س_1 شدة قطبين مغناطيسيين يبعدان عن بعضهما بمسافة ف سنتيمتر

فشدة المغناطيس الأول على النقطة الموضوع فيها الثانى = $\frac{س}{ف^{٢}}$ (بنـد ٢)

والقوة المتبادلة على حسب بند ٣ = $\frac{س}{ف^{٢}} \times س_{١} \times$ عدد ثابت . فاذا اعتبرنا القوة المتبادلة تساوى وحدة عند ما يكون كل من الشدتين والمسافة وحدة فالعدد الثابت لا بد وأن يساوى واحد

وعلى ذلك القوة المتبادلة = $\frac{س_{١} \times س}{ف^{٢}}$ داين و يسمى هـذا القانون بقانون كولوم فاذا كانت س = وحدة ، ف = ١ سنتيمتر فالقوة المتبادلة =

$\frac{١}{١^{٢}} \times س_{١} = س_{١}$ داين

اذاً شدة أى قطب مغناطيسى تقاس بالتأثير المتبادل بينه وبين قطب آخر ذى وحدة موضوع على مسافة ١ سنتيمتر منه . والشدة على أى نقطة تقاس بالقوة المتبادلة بينه وبين وحدة القطب على هذه النقطة

والقطب يقال له وحدة اذا كان التأثير بينه وبين قطب آخر ذى وحدة على مسافة ١ سنتمتر منه يساوى وحدة

خطوط القوة المغناطيسية وكيفية تقديرها

بند ٤ — تكلمنا عن القوة المحيطة بالقطب المغناطيسى و كيفية تأثيرها على الأجسام القابلة للمغطسة ونستنتج من ذلك أن الوسط المحيط بالمغناطيس اكتسب خاصية جديدة لم تكن فيه عند ما كان بعيداً عن التأثيرات المغناطيسية بدليل أننا لو رششنا برادة حديد على فرخ ورق موضوع فوق مغناطيس ودققنا دقاً خفيفاً حول البرادة بعد رشها لاحظنا أنها ترتب نفسها بشكل منحنيات منتظمة لا تتقاطع مع بعضها فى أى نقطة من مبدأها وهو أحد طرفى المغناطيس الى نهايتها وهو الطرف الآخر

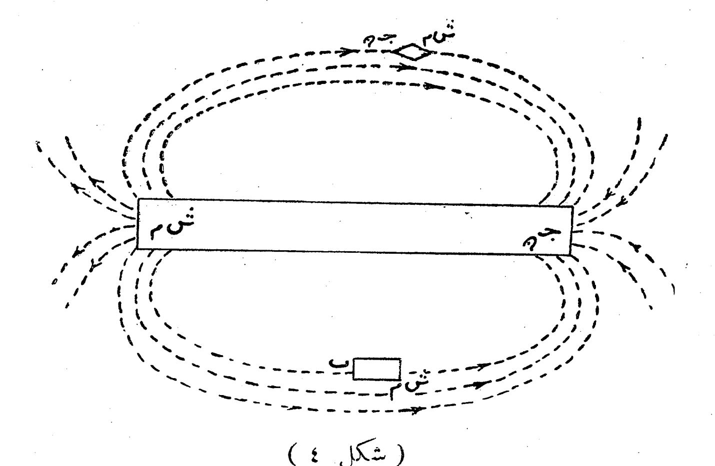
وتعليل ذلك أن كل قطعة من برادة الحديد أصبحت مغناطيساً بتأثير الوسط

الموضوع فيه المغناطيس الأصلى بحيث أن طرف القطعة القريب من القطب الشمالى أصبح جنوبا والطرف الآخر شماليا

ويمكننا أن نرسم بطريقة أوضح اتجاه سير هذه المنحنيات بواسطة ابرة بوصلة وذلك بأن نضعها بمركزها على نقطة قريبة من القطب الشمالى لمغناطيس موضوع وضعاً أفقياً على فرخ ورق ونعين بالقلم الرصاص اتجاه القطب الشمالى للابرة ثم ننقل الابرة بحيث أن قطبها الجنوبى ينطبق على النقطة المعينة ونعين اتجاه القطب الشمالى فى هذا الوضع ونستمر على هذه الطريقة الى أن نصل بالابرة لنهاية المغناطيس أى الطرف الجنوبى

فاذا وصلنا جميع النقط ببعضها نتج احدى منحنيات القوة حول المغناطيس

ويمكننا أن نرسم جملة منحنيات بهذه الطريقة مبتدئين بجملة نقط على طرف المغناطيس الشمالى ونعين اتجاه شمال الابرة بالطريقة السابقة من كل نقطة الى أن نصل للطرف الجنوبى للمغناطيس (شكل ٤)



(شكل ٤)

بند ٥ — نستنتج من هذه التجربة

١ — ان هذه المنحنيات لا تتقاطع مطلقاً مع بعضها بدليل أننا لو وضعنا ابرة البوصلة على احدى هذه المنحنيات وفى أى نقطة عليه لاحظنا أن اتجاه القطب الشمالى فى اتجاه المنحنى فى جميع النقط عليه ولا توجد أى نقطة يتقاطع

فيها شمال الابرة مع المنحنيات المجاورة له أو يتجه نحوها

٢ — الابرة مقيدة فى كل وضع من أوضاعها بقوتين احداهما قوة التجاذب بين جنوب المغناطيس وشمال الابرة والثانية قوة التجاذب بين شمال المغناطيس وجنوب الابرة فاذا تصورنا قطباً شمالياً قائماً بذاته موضوعاً مكان الابرة فالقطب يتحرك بتأثير التنافر بينه وبين شمال المغناطيس والتجاذب بينه وبين جنوب المغناطيس ولا يمكن أن يحيد فى حركته عن منحنى القوة الموضوع عليه

٣ — حركة القطب على منحنٍ من المنحنيات تتوقف على القوة المتبادلة بين شدة القطب وشدة المغناطيس وهذه القوة تختلف على طول المنحنى بين محور الخمول وطرف المغناطيس ويمكن أن نستنتج ذلك من قانون التربيع العكسى (بند ٢)

وهذه المنحنيات قد أطلق عليها خطوط القوة المغناطيسية وهى تبدأ من شمال المغناطيس وتسير فى الوسط المحيط به وتنتهى بجنوب المغناطيس

والوسط المحصور فيه هذه المنحنيات يسمى بالمجال المغناطيسى وعدد الخطوط المغناطيسية الكلية المتشعة من القطب تسمى بالتدفق أو الفيض المغناطيسى

تقدير عدد الخطوط المغناطيسية الدالة على القوة

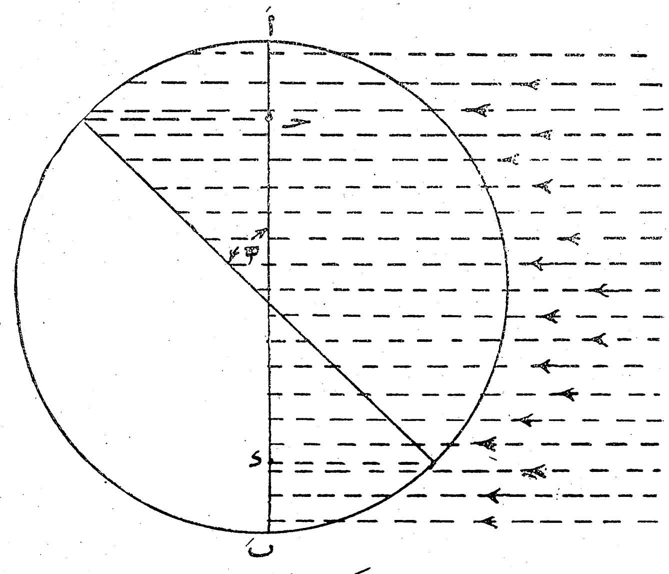
بند ٦ — تقدر عدد خطوط (أو منحنيات) القوة المغناطيسية المتشعة من مغناطيس على أى نقطة تبعد عنه بحيث أن عددها على مساحة سنتيمتر مربع فى هذه النقطة يدل على قوته على وحدة قطب موضوع على هذه النقطة

وللحصول على أكبر عدد ممكن من خطوط القوة فى السنتيمتر المربع يجب أن يكون مستوى هذا الأخير متعامداً على اتجاه الخطوط اذ لو فرضنا أن ا ب المستوى الجانبى لمساحة سنتيمتر مربع (شكل ٥) ، ه زاوية انحراف هذا المستوى المتعامد على خطوط القوة المبينة فعدد الخطوط المخترقة للمستوى المائل تساوى عدد الخطوط المخترقة لجزء من المستوى الرأسى أى للجزء حـ ى

وبما أن مستوى حـ ء = مستوى السنتمتر المربع المائل × جتا هـ . اذاً عدد الخطوط المخترقة للسنتمتر المربع من المستوى المائل = عدد الخطوط المخترقة للسنتمتر المربع اَ بَ × جتا هـ

وجتا هـ = أقصى ما يمكن اذا كانت هـ = صفراً أى اذا انطبق المستوى المائل على المستوى الرأسى اَ بَ

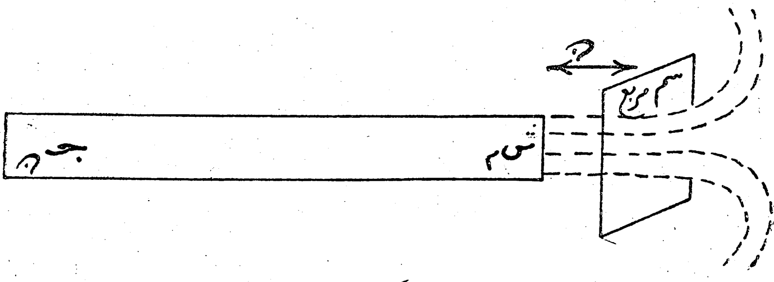
اذاً تقدر شدة مغناطيس على أى نقطة تبعد عنه بعددخطوط القوة المخترقة



(شكل ٥)

لمساحة سنتمتر مربع متعامدة على الخطوط فى هذه النقطة

فلو فرضنا مغناطيساً شكل (٦) شدته س فقوته على وحدة قطب يبعد عنه م سنتمتر = $\frac{س}{م^{٢}}$ (قانون التربيع العكسى)



(شكل ٦)

اذاً عدد الخطوط المغناطيسية على السنتمتر المربع المتعامد على اتجاهها فى هـذه النقطة = $\frac{م}{ف^{٢}}$ خطوط

بناء عما تقدم يمكننا أن نعرف وحدة القطب (علاوة على التعريف السابق (بند ٢) أن القطب يقال له وحدة اذا كان عددخطوط القوة المتشععة منه على السنتمتر المربع المتعامد عليها من نقطة تبعد عنه ١ سنتمتر يساوى خطاً واحداً

وبما أن السطح الوحيد الذى يمكن به حصر جميع الخطوط المغناطيسية المتشععة حول القطب بحيث أن اتجاه كل خط يكون متعامدا عليه هو السطح الكروى الذى يحيط بالقطب كمركز له

اذاً اذا كان نصف قطر هذا السطح الكروى ١ سنتمتر فكل سنتمتر مربع منه يقطعه خط قوة واحد اذا كان القطب وحده

اذاً عدد خطوط القوة الكلية المتشععة من وحدة القطب أى القاطعة لسطح الكرة السابقة = ٤ ط خطوط = ٤ × ٣,١٤ = ١٢,٥٦ خط

فرق الجهد المغناطيسى والقوة الدافعة المغناطيسية

بند ٧ — عرفنا مما سبق بند (٥) أن القطب الشمالى القائم بذاته يتحرك اذا وضع فى ساحة مغناطيسية بتأثير التنافر بينه وبين القطب الشمالى للمغناطيس المكون للساحة والتجاذب بينه وبين القطب الجنوبى له (شكل ٤) وهو يسير فى حركته على منحنى القوة الموضوع عليه ولا يحيد عنـه الى أن يصل لنهاية المنحنى وهو القطب الجنوبى للمغناطيس فاذا كانت شدة القطب وحده فالقوة المتبـادلة بينه وبين المغناطيس على أى نقطة على المنحنى عبـارة عن قوة المغناطيس على هذه النقطة (بند ٣)

واذا أخذنا نقطتين على منحنى القوة فالشغل المبذول بقوة المغناطيس لتحريك وحدة القطب بين هذين النقطتين يساوى حاصل ضرب هذه القوة المسببة للحركة فى المسـافة بينهما وهذا الشغل المبذول يصرف اما فى تحريك القطب ضد أى مقاومة ميكانيكية تعترض سيره أو فى توليد طاقة تحركية تدخر فى القطب

المتحرك (اذا لم توجد أى عوارض ميكانيكية)

كذلك اذا حركنا القطب بقوة ميكانيكية خارجية بالعكس اى ضد قوة المغناطيس فالشغل المبذول ضد القوة المغناطيسية . يصرف فى توليد طاقة موضعية تدّخر فى القطب بدليل أننا لو رفعنا القوة الخارجية عن القطب يرجع هذا الأخير الى مكانه الاول بتأثير القوة المغناطيسية وهذا مماثل تماماً لما يحدث فى جسم رفع عن المستوى الموضوع عليه فالشغل المبذول فى رفع الجسم ضد جاذبيـة الأرض (أو ثقله) يولد فيـه طاقة موضعية تدخر فيـه بدليل أننـا لو أبعدنا القوة الرافعة للجسم يسقط على المستوى بتأثير هذه الطاقة الموضعية التى ادخرت فيه

وبديهى أنه لا يمكن لأى جسـم أن يتحرك بين نقطتين على مستوى أفقى واحد بتأثير جاذبية الأرض ولـكن اذا كانت النقطتان على مستويين أحدهما أعلا من الآخر بالنسبة لسطح الأرض فالجسم يتحرك من المستوى الأعلا الى المستوى الأسفل بتـأثير جاذبية الارض له اذا لم يوجد أى حائل ميكانيكى دون حركته

والشغل المبذول اما أن يكون ضد جاذبية الأرض اذا حركنا الجسم من المستوى المنخفض الى المستوى الأعلا أو بواسطة جاذبية الأرض اذا تركناه يتحرك بالعكس. فالسبب فى حركة وحدة القطب من ب بتأثير المغناطيس هو أن الجهد على النقطة ب أعلا منه على النقطة التى تحرك اليها أى أن هناك فرق جهد بين النقطتين

ويمكن تعريف فرق الجهد بين أى نقطتين بأنه عبارة عن الشغل المبذول فى تحريك وحدة قطب شمالى ضد التأثير المغناطيسى بين النقطتين أى من النقطة الأقل جهداً الى النقطة الأعلا جهداً أو الشغل المبذول فى تحريك وحدة القطب المذكور بواسطة التـأثير المغناطيسى بين النقطتين أى من النقطة الأعلا جهداً الى النقطة الاقل جهداً

والقوة الدافعة المغناطيسية هى عبارة عن الشغل المبذول فى تحريك وحدة القطب الشمالى من أول منحنى القوة الى نهايته

الفصل الثالث

قوة التيار الكهربائى المغناطيسية

بند ٨ — قد دلت التجارب الاولية على أن التيار الكهربائى المار فى سلك يولد ساحة مغناطيسية حول السلك وخطوط قوة هذه الساحة تكوّن دوائراً حول السلك مستويها متعامد عليه ومركزها مار بطول السلك كما فى (شكل ٧) وتوجد جملة قوانين لمعرفة اتجاه هذه الدوائر المغناطيسية منها قانون قبضة اليد اليمنى وهو اذا تصورنا أننا نقبض باليد اليمنى على السلك المار فيه التيار الكهربائى بحيث أن اتجاه امتداد الابهام يكون فى اتجاه سير التيار الكهربائى فى السلك فاتجاه القبضة يعين اتجاه خطوط القوة المغناطيسية حول السلك

(شكل ٧)

ومنها قانون البريمة وهو اذا تصورنا بريمة موضوعة بطولها على امتداد طول السلك وأدرناها بحيث أن حركتها الاتجاهية تكون فى اتجاه سير التيار الكهربائى فى السلك فاتجاه حركتها الدورية يعين اتجاه سير خطوط القوة حول السلك

ولا فرق مطلقاً بين المغناطيسية المتولدة من تيار كهربائى والمغناطيسية المتولدة بالطرق الاخرى المعروفة فى الكتب الاولية (كالدلس البسيط والمنفصل الخ) سواء فى تأثيرها أو فى تقديرها بدليل أن ابرة البوصلة الموضوعة بجوار السلك الرأسى المار فيه تيار كهربائى (شكل ٧) تنحرف عن اتجاهها فى المواضع التى لا تنطبق خطوط مغناطيسية التيار الكهربائى فى الاتجاه مع خطوط مغناطيسية الارض كما هو الحال اذا وضعت بجوار أى قضيب ممغطس متجه قطبه الشمالى

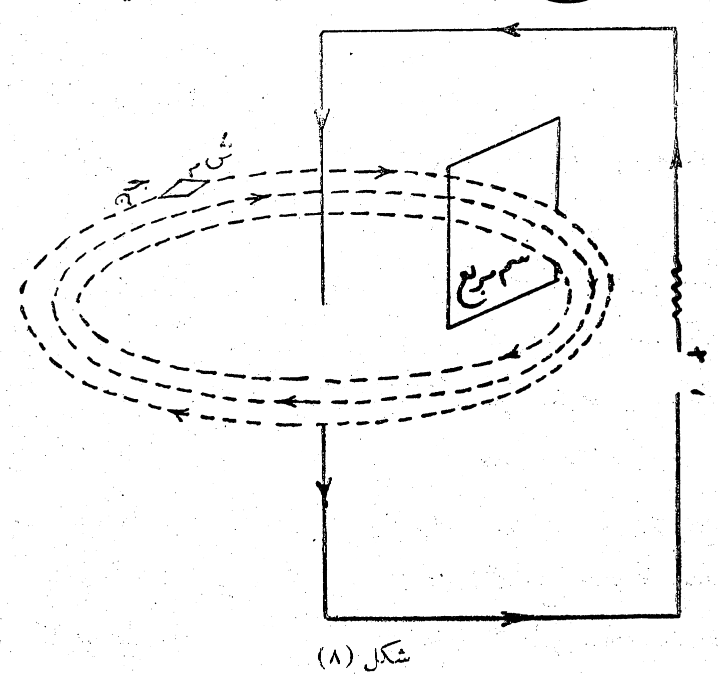
نحوشمال مغناطيسية الارض . كذلك برادة الحديد اذا رشت حول السلك المتعامد على فرخ الورق والمار فيه تيار كهربائى ودققنا على فرخ الورق دقاً خفيفاً رتبت هذه البرادة نفسها بشكل دوائر أى بالشكل الذى تتجه فيه خطوط القوة المغناطيسية المتولدة حول السلك دليل على أن كل جزء من أجزاء البرادة أصبح مغناطيساً بالتأثير كما هو الحال اذا رشت حول قضيب ممغطس

قوة مغناطيسية التيار الكهربائى

بند ٩ — يستنتج مما سبق أن كل ما ذكر فى الفصل الثانى منطبق تماماً على كل مجال مغناطيسى سواء كان مصدره قضيباً مغناطيسياً أو تياراً كهربائيا

فالقوة المغناطيسية الناشئة عن التيار الكهربائى على أى نقطة تبعد عنه عبارة عن التأثير المتبادل بينها وبين وحدة قطب مغناطيسى موضوع على هذه النقطة .

أو عبارة عن عدد الخطوط أو المنحنيات المغناطيسية المخترقة لمساحة

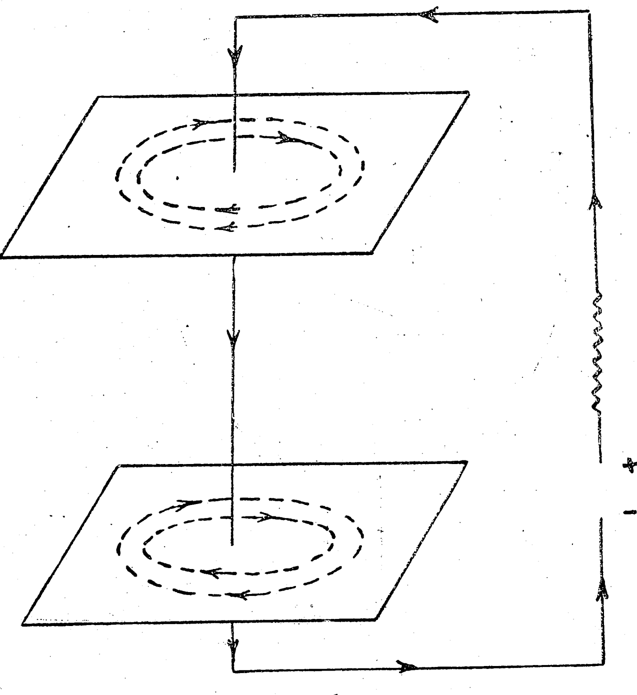


شكل (٨)

سنتيمتر مربع لجسم غير قابل للمغطسة متعامد على اتجاه الخطوط من هذه النقطة كالسنتيمتر المربع المبين (شكل ٨)

قوة مغناطيسية تيار كهربائى فى سلك مستقيم وسلك دائرى

بند ١٠ — نلاحظ أن التيار الكهربائى فى كل جزء من اجزاء السلك المستقيم المبين فى شكل ٨ يولد خطوط قوة مغناطيسية حوله مستقلة عن الأخرى (اذا أهملنا تأثير طرفى السلك باعتبار أن السلك طويل جداً) بدليل أننا لو مررنا السلك الرأسى المار فيه التيار الكهربائى بفرخين أو ثلاثة من الورق موضوعة وضعاً أفقياً وعلى أبعاد مختلفة من طول السلك (شكل ٩) فبرادة الحديد



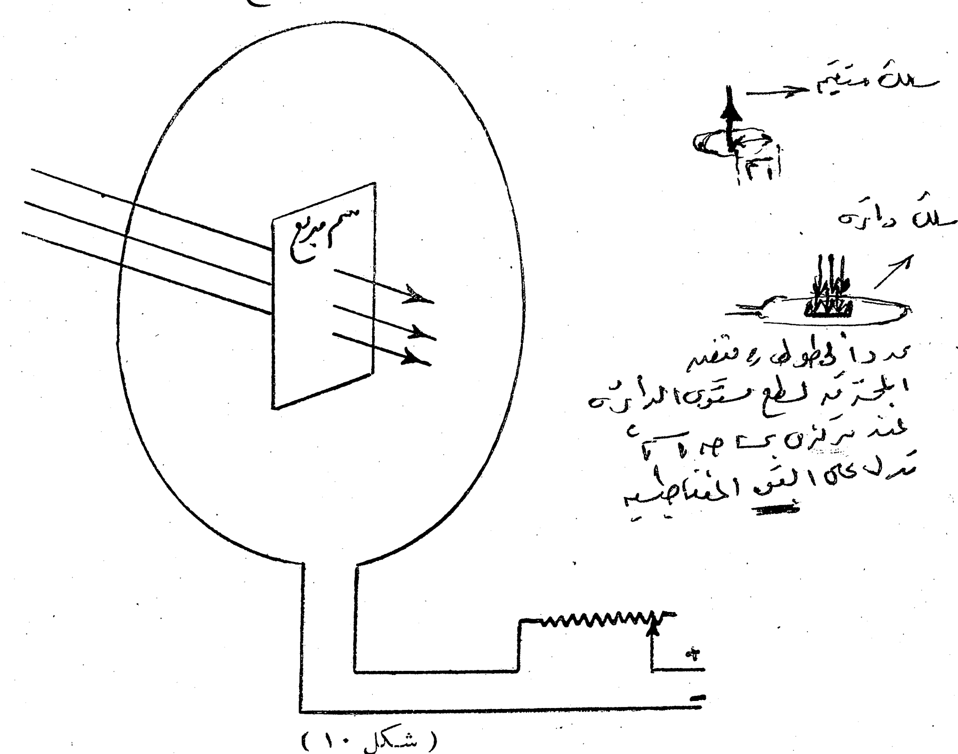
(شكل ٩)

ترتب نفسها على كلٍ من سطح الورق بنظام واحد حول السلك وكذلك ابرة البوصلة تتأثر حول السلك بتأثير ثابت اذا وضعت بجوار أى جزء من أجزاء السلك بشرط أن يكون البعد بين مركز الابرة وطول السلك ثابت وأن الخط

الواصل من جميع النقط التى توضع عليها الابرة فى جميع الاجزاء يوازى طول السلك المار فيه التيار الكهربائى

نستنتج مما تقدم أن قوة المغناطيسية الناشئة من التيـار الكهربائى فى سلك مستقيم على أى نقطة تبعد عنه ناشئة عن مرور التيار الكهربائى فى الجزء من السلك المقابل لهذه النقطة وهذا الجزء طوله واحد سنتيمتر (وهى وحدة الطول المأخوذة).

اما اذا كان السلك المـار فيه التيار الكهربائى دائرى (شكل ١٠) فعدد الخطوط المغناطيسية المخترقة لمساحة سنتيمتر مربع فى مركز الدائرة ومستويه



(شكل ١٠)

منطبق على مستوى الدائرة تدل على قوة التيـار المغناطيسية الناشئة عن التيـار الكهربائى فى جميع أجزاء السلك

وهذا بديهى لان المسافة بين مركز السلك الدائرى وطول السلك متساوية على كل جزء من أجزائه

وحدة التيار الكهربائى

بند ١١ — قد اتخذت خاصية التيار الكهربائى لتوليد المغناطيسية لمعرفة وحدته

فاذا مر تيار كهربائى فى سلك دائرى نصف قطره ١ سنتيمتر وكانت القوة المتبادلة بين المغناطيسية المتولدة من هـذا التيار فى السلك وبين وحدة قطب مغناطيسى موضوع فى مركز السلك الدائرى تساوى واحد داين لكل سنتيمتر من طول السلك فشدة التيار الكهربائى يقال لها وحدة مطلقة والوحدة العملية وهى الامبير = $\frac{1}{10}$ الوحدة المطلقة

هذا التعريف لوحدة التيار الكهربائى هو نفس تعريف وحدة القطب (بند ٣) لان المسبب للقوة المتبادلة ليس التيار الكهربائى بل المغناطيسية المتولدة منه .

اذاً عدد الخطوط المغناطيسية على السنتيمتر المربع المتعامد عليها فى مركز السلك يكون بنسبة خط واحد لكل سنتيمتر من طول محيط السلك اذا كانت شدة التيار وحدة ونصف القطر واحد سنتمتر

وعدد خطوط القوة الكلية على السنتيمتر المربع السابق أى العدد الناشىء من مرور وحدة التيار المطلقة فى محيط السلك كله = ٢ ط × ١ = ٢ ط خطوط = قوة التيار المغناطيسى فى المركز بالداين

واذا كانت الشدة س أمبير ونصف القطر نق سنتيمتر فقوة التيار المغناطيسية فى مركز السلك = $\frac{س}{١٠} \times \frac{٢ ط نق}{نق^{٢}} = \frac{س}{١٠} \times \frac{٢ ط}{نق}$ داين

($\frac{س}{١٠}$ = الشدة بالوحدات المطلقة)

مثال ذلك

اذا كانت شدة التيار الكهربائى فى سلك دائرى يساوى ٥ أمبير ونصف

قطر محيط السلك ١ سنتيمتر فما هى قوة التيار المغناطيسية فى مركز السلك وما هى القوة المتبادلة بين قطب ذى ١٠ وحدات موضوع فى المركز وبين قوة التيار المغناطيسية

٥ أمبير = $\frac{٥}{١٠}$ = $\frac{١}{٢}$ وحدات مطلقة

$$\text{قوة التيار المغناطيسية فى المركز} = \frac{(٢ ط \times ١) \times \frac{١}{٢}}{١^٢ \text{سنتيمتر}} = \text{ط داين}$$

القوة المتبادلة = ط داين × ١٠ داين = ١٠ ط داين

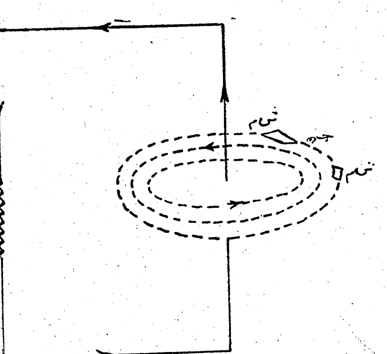
أوجد قوة التيار المغناطيسية والقوة المتبادلة فى المسألة السابقة اذا كان نصف القطر = ١٠ سنتيمتر

$$\text{قوة التيار المغناطيسية فى المركز} = \frac{(٢ ط \times ١٠) \times \frac{١}{٢}}{١٠^٢ \text{سنتيمتر}} = \frac{ط}{١٠} \text{داين}$$

$$\text{القوة المتبادلة} = \frac{ط}{١٠} \times ١٠ \text{ داين} = \text{ط داين}$$

تأثير القوة المتبادلة بين مغناطيسية التيار الكهربائى ومغناطيسية قطب موضوع فى ساحته

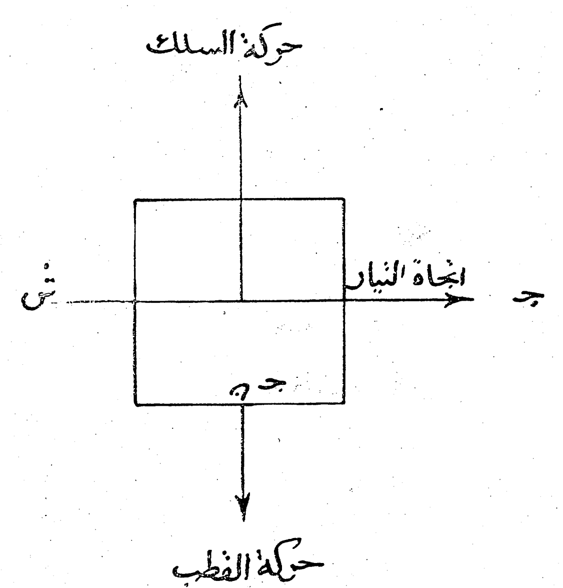
بند ١٢ — لو فرضنا ابرة بوصلة موضوعة على احدى منحنيات القوة المغناطيسية الناشئة من تيار كهربائى معلوم اتجاهه فى سلك موضوع وضعاً رأسياً كما فى شكل ١١. فانحراف القطب الشمالى للابرة (بشرط أن لا يكون الجزء من المنحنى المغناطيسى الموضوع عليه الابرة مواز وفى اتجاه مغناطيسية الارض والا فالابرة لا تنحرف) يكون فى اتجاه دورة منحنى القوة الموضوع عليه الابرة وهذا الاتجاه يمكن معرفته باحدى



(شكل ١١)

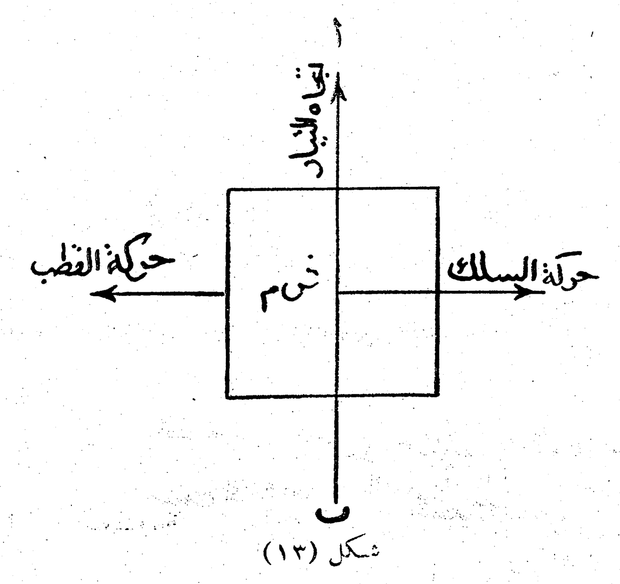
القوانين السابقة (بند ٨)

ولو تصوّرنا قطباً شمالياً قائماً بذاته موضوعاً على المنحنى بدلا من الابرة يحرك



شكل (١٢)

القطب بهذا التأثير المتبادل على طول المنحنى فى الاتجاه المبين بالشكل أى فى مستوٍ متعامد على طول السلك



شكل (١٣)

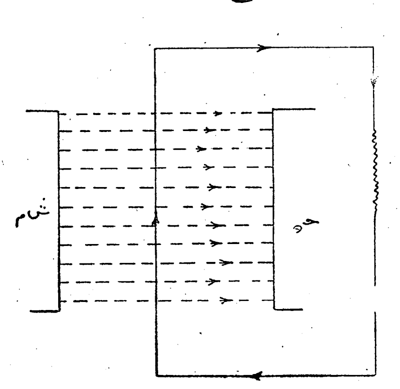
وبما أن حركة القطب ناتجة عن القوة المتبادلة بين شدته وقوة أو شدة المجال المغناطيسى على هذا الوضع

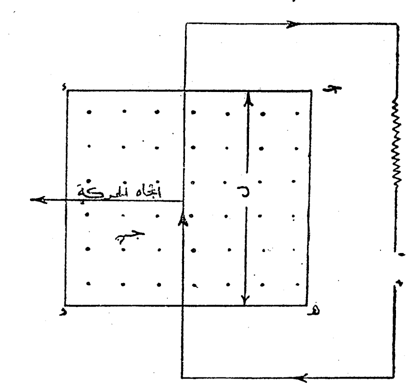
اذاً اذا ثبتنا القطب وكان السلك قابلا للحركة تحرك هذا الأخير فى اتجاه متعامد على المستوى المار بطول السلك وخطوط قوة القطب المتقابلة مع السلك وبما أن القوة متبادلة كما قلنا فحركة السلك تكون بعكس حركة القطب فى الاتجاه . والشكلان ١٢ و ١٣ يبيان قطبين س م ٦ ح م وكل منهما أمامه سلك ا ب ٦ حـ د به تيار كهربائى مبين اتجاهه فى كل منهما وبتطبيق احدى القوانين المبينة فى بند ٨ (قانون البريمة أو قبضة اليد اليمنى)

يلاحظ أن حركة السلك أو القطب هى كالمبين بالشكلين

القوة المتولدة فى سلك به تيار كهربائى وموضوع فى ساحة مغناطيسية

بند ١٣ — اذا مررنا تياراً كهربائياً فى سلك موضوع فى ساحة مغناطيسية





المستوى الجانبي (القطب الشمالى للايضاح)

شكل (١٤)

بحيث أن طوله عمودى على التدفق المغناطيسى المتشعع من القطبين س م و ح م المبين بشكل ١٤

وفرضنا أن س أمبير = شدة التيار الكهربائى فى السلك فى الاتجاه المبين ٦ ل سم = طول السلك الذى فى حدود التدفق المغناطيسى وكانت

خطوط القوة للتدفق موزعة بالتساوى على كل سنتيمتر مربع من المستوى الموضوع فيه السلك مثل حـ هـ و د وكانت ك = عدد الخطوط القاطعة لكل سنتيمتر مربع من هذا المستوى = كثافة المجال أو التدفق المغناطيسى (بند ٦)

فالقوة المتبادلة بين مغناطيسيه التيار الكهربائى المتولدة حول كل سنتمتر من طول السلك وبين شدة المجال المغناطيسى على نقطة تبعد ١ سنتمتر عن السلك بالوحدات المطلقة = ك × $\frac{\text{ش}}{١٠}$ داين

والقوة الكلية المتبادلة على طول السلك ل = ك × $\frac{\text{ش}}{١٠}$ × ل داين

فاذا تحرك السلك تحت تأثير هذين القوتين المتبادلتين (بند ١٢) لمسافة م سنتيمتر فالشغل المبذول (ويساوى القوة × المسافة) = ك × $\frac{\text{ش}}{١٠}$ × ل × م أرج

ولكن ل × م سنتيمتر مربع عبارة عن المساحة التى اكتسحها السلك

∴ ك × ل × م عبارة عن عدد خطوط القوة المقطوعة بالسلك أثناء حركته لمسافة م سنتيمتر

نستنتج من ذلك القانون المهم الآتى

اذا تحرك سلك به تيار كهربائى فى ساحة مغناطيسية وكان متعامداً بطوله . وفى اتجاه حركته على اتجاه خطوط قوة الساحة فالشغل المبذول عبارة عن عدد خطوط قوة الساحة المقطوعة بالسلك (ك × ل × م) مضروباً فى شدة التيار الكهربائى

كذلك لو تغير عدد خطوط قوة الساحة بدلا من حركة السلك بحيث أنها تقطع أثناء تغييرها السلك بالشروط السابقة فالشغل المبذول عبارة عن عدد الخطوط المتغيرة مضروباً فى شدة التيار فى السلك

وسواء كانت شدة التيار فى السلك مستمدة من ينبوع كهربائى (شكل ١٤)

(وفى هذه الحالة يتحرك السلك بتأثير القوة المتبادلة بين مغناطيسية التيــــار ومغناطيسية الساحة) أو متولدةً فى السلك نتيجة تحريكه بضغط ميكانيكى خارجى فالقانون السابق ينطبق على الحالتين . غير أن الشغل المبذول فى الحالة الأولى يصرف أما فى تحريك السلك ضـــد أى مقاومة ميكانيكية تعترض حركته أو فى توليد طاقة تحركية تدّخر فيه (اذا لم توجد أى عوارض ميكانيكية) (راجع بند ٧) . وأما فى الحالة الثانية فالشغل الميكانيكى المبذول يولد طاقة كهربائية (نظرية الديناموات المبينة فى الباب الثانى)

مثال ذلك : —

١ — اذا دارت وحدة قطب دورة واحدة حول سلك مار فيه تيار كهربائى شدته ٥ أمبير فما هو الشغل المبذول

الحل : الشغل المبذول = عدد الخطوط المقطوعة بالسلك أثناء دوران القطب حوله مضروب فى شدة التيار بالوحدات المطلقة

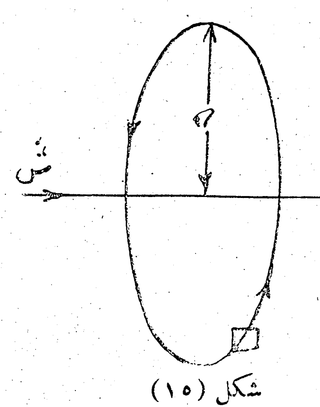
وبما أن عدد الخطوط المتشعبة من وحدة القطب = ٤ ط خطوط (بند ٦)

اذاً عدد الخطوط المقطوعة = ٤ ط خطوط

والشغل المبذول بالوحدات المطلقة = ٤ ط × ٥/١٠ = ٢ ط أرج

مثال آخر : —

٢ — أوجد قوة التيار المغناطيسية على نقطة تبعد ه سم من سلك مستقيم به تيار كهربائى شدته بالامبير = س (شكل ١٥)



شكل (١٥)

الحل : اذا دارت وحدة قطب من هذه النقطة دورة واحدة حول السلك بتأثير القوة المتبادلة بينه وبين مغناطيسية التيار الكهربائى على هذه النقطة

فالشغل المبذول = ٤ ط × ش/١٠ = قوة التيار المغناطيسية × ٢ ط ه

∴ قوة التيار المغناطيسية $= \dfrac{\text{٤ ط} \times \text{س}}{\text{٢ ط ف} \times \text{١٠}} = \dfrac{\text{٢ س}}{\text{ف} \times \text{١٠}}$

ملحوظة — نلاحظ من هذا المثل أن قوة التيار المغناطيسية على أى نقطة تبعد عن سلك مستقيم به تيار كهربائى تتناسب تناسباً عكسياً مع المسافة بين هذه النقطة والسلك وهذا هو المثل الوحيد المخالف لقانون التربيع العكسى (بند ٢)

مثال آخر : —

٣ — اذا كانت شدة التيار الكهربائى المار فى سلكين ا ، ب متوازيين هى س ، سَ أمبير فما هى القوة المتبادلة بينهما اذا كانت المسافة بينهما ف سنتيمتر

الحل — قوة مغناطيسية التيار س فى السلك ا على كل سنتيمتر من طول السلك ب $= \dfrac{\text{٢ س}}{\text{ف} \times \text{١٠}}$ (نتيجة المسألة السابقة)

القوة المتبادلة على حسب قانون كولوم $= \dfrac{\text{٢ س}}{\text{ف} \times \text{١٠}} \times \text{سَ}$ لكل سنتمتر من طول السلكين أى أن القوة المتبادلة تتناسب مع حاصل ضرب الشدتين تناسباً طردياً ومع المسافة بينهما تناسباً عكسياً

تقدير القوة الدافعة المغناطيسية أو فرق الجهد المغناطيسى الكلى

بند ١٤ — سبق عرّفنا القوة الدافعة المغناطيسية فى بند ٧ الناتجة من قضيب ممغطس بأنها عبارة عن الشغل المبذول فى تحريك وحدة قطب شمالى من أول منحنى من منحنيات القوة المغناطيسية الى نهايته

وهذا التعريف ينطبق تماماً على القوة الدافعة المغناطيسية للمنحنيات

المغناطيسية الناتجة من تيار كهربائي في سلك . غير أن هذه المنحنيات دائرية كما هو معروف أي ليس لها نهاية

فالقوة الدافعة المغناطيسية في هذه الحالة تقاس بالشغل المبذول في تحريك وحدة القطب الشمالي على احدى منحنيات القوة بكامل دورته (شكل ١١)

اذاً يمكننا تقديرها بواسطة القانون المستنتج في بند **١٣** لأن الشغل المبذول عند تحريك وحدة القطب على احدى منحنيات القوة حول سلك به تيار كهربائي عبارة عن عدد الخطوط المقطوعة بالسلك مضروبة في شدة التيار في السلك (وذلك على حسب هذا القانون)

اذاً الشغل المبذول في المسألة الثانية من المسائل السابقة والذي قيمته

$= ٤ ط \times \frac{س}{١٠}$ هو عبارة عن القوة الدافعة المغناطيسية حول السلك من النقطة التي تبعد ف سنتيمتر عن السلك

الباب الأول

الملفات الكهربائية

الفصل الأول

المغناطيسى الكهربائى

بند ١٥ — ان موضوع المغناطيسية المتولدة من تيار كهربائى حول ملف حلزونى هو من أهم المواضيع التى يجب الالمام بها سواء فى حقيقتها أو تأثيرها أو تقديرها الماماً تاماً لأنه على هـذا الموضوع يتوقف تصميم الآلات الرئيسية كالدينامو ات والمحركات

لذلك آثرت البـدء بمقدمة أتعشم أن يكون لها تأثير طيب فى تفهم هـذا الموضوع الهام

الطاقة وتعدد صورها

كل جسم من الاجسام سواء كان سائلا أو غازياً أو صلباً متحركاً أو ساكناً له قدرة محدودة على عمل شغل وهى ما تسمى بطاقته المدخرة فيه فالجسم الصلب الساكن الخالى من المؤثرات الخارجية به طاقة موضعية ناشئة عن قوة جاذبية الارض له بدليل أننا لو خفضنا وضع المستوى الموضوع عليه الجسم تحرك الجسم مع المستوى ويبقى منطبقاً عليه

والطاقة لا يمكن أن تخلق أو تمحى من الوجود بل تتغير من صورة الى أخرى تبعاً للشغل المبذول . فمن صورة موضعية الى تحركية الى حرارية الى ضوئية الى كهربائية

فالغازات مثلا منشأها الصلابة لأن الجسم الصلب عند ماتنتقل اليه الطاقة الحرارية (وذلك بتسخينه) ترتفع درجة حرارته وعند ابتداء الجسم فى الانصهار

تثبت درجة حرارته ولا ترتفع رغم وجود المؤثر الحرارى دليل على أن الطاقة الحرارية المستمدة من المؤثر بدأت تنتقل فى الجسم من الصورة الحرارية الى صورة أخرى وتلك الطاقة تسمى بالطاقة التحركية بدليل أننا لو قاومنا تمدد هذا الجسم (ضد انصهاره) فالشغل المبذول ينتقل فى الجسم من صورته التحركية الى صورة حرارية فترتفع درجة حرارته

كذلك بعد أن يتحول الجسم الى سائل ترتفع درجة حرارته الى أن يصل الى درجة التبخر فتثبت درجة حرارته حيث يبـــدأ السائل فى التبخر وذلك لانتقال الطاقة الحرارية الى طاقة تحركية وهكذا

من هـذا نرى أن الغازات بها طاقة لها صورتان صورة تحركية وصورة حرارية وتستخدم هـذه الطاقة الكامنة فى بخار المـاء فى الآلات البخارية والغازات الأخرى مثل غاز البترول والبنزين فى الآلات ذات الاحتراق الداخلى

الطاقة الكهربائية

بند ١٦ — ليست الطاقة الكهربائية الا صورة من الصور السالفة الذكر فهى كامنة فى المركبات الكيماوية بدليل الجاذبيـة بين عناصرها وهى كامنة فى معدنين يختلفان فى درجة الحرارة

كذلك يمكن تحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائيـة كتوليد التيار الكهربائى فى الدينامو ات وبالعكس فى المحركات الكهربائية . والمغناطيسية المتولدة من مرور تيـــار كهربائى فى سلك أو ملف ما هى الا صورة من صور الطاقة الكهربائية وهى مدخرة حول السلك أو الملف المار فيه التيار . فعند مرور تيار كهربائى فى ملف فحركته فى الملف بمثابة حركة جسم

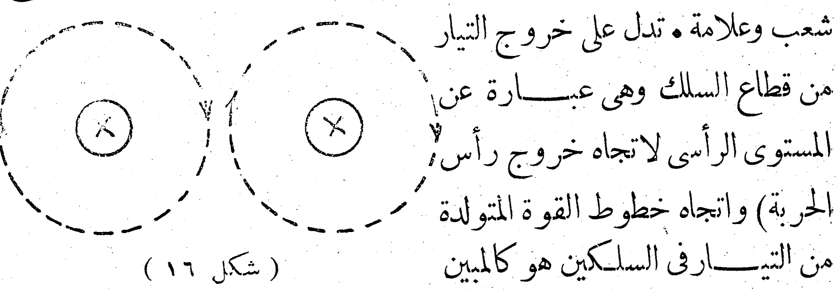
فكما أن الجسم تدخر فيه طاقة تحركية تتناسب مع سرعتـه وكتلته أى مع كمية حركته كذلك الملف تدخر حوله طاقة بنسبة شدة التيـار والمغناطيسية المتولدة منه

وهذه الطاقة تشبه فى تأثيرها ما يدخر من الطاقة فى الحدافة التى توضع على محور الآلات الميكانيكية لادخار طاقة تحركية ضد الأحمال الفجائية

فأى تأثير يتسبب عنه تغيير فى التدفق المغناطيسى المتولد داخل الملف (كتغيير شدة التيار الكهربائى المولد لهذه الخطوط) يستنفد جزءاً من هذه الطاقة ضد هذا التغيير والشغل المبذول الناتج من ذلك ينصرف كحرارة فى الملف (بدليل الشرارة التى تحدث عند قطع التيار الكهربائى)

سير الخطوط المغناطيسية فى قلب الملف

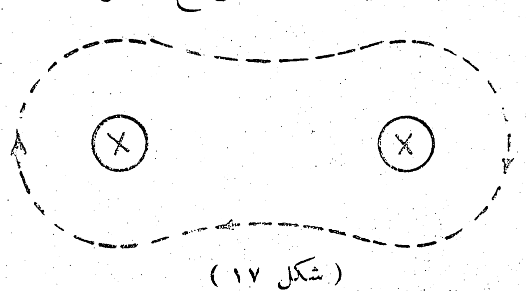
بند **١٧** — شكل ١٦ يبين قطاعى سلكين متوازيين يمر فيهما تيار كهربائى فى اتجاه واحد ووجهة التيار داخل القطاعين (وعلامة × تدل على دخول التيار وهى عبارة عن المستوى الرأسى لاتجاه دخول الحربة ذات الأربع شعب وعلامة • تدل على خروج التيار من قطاع السلك وهى عبارة عن المستوى الرأسى لاتجاه خروج رأس الحربة) واتجاه خطوط القوة المتولدة من التيار فى السلكين هو كالمبين



(شكل ١٦)

بالشكل (وذلك بعد تطبيق قانون البريمة أو قبضة اليد اليمنى) فنلاحظ أن خطوط القوة فى الوسط المحصور بين السلكين المتولدة من التيار فى السلك الذى على اليمين مضادة الاتجاه لخطوط القوة المتولدة من التيار فى السلك الذى على يساره فالنتيجة أن كلا من خطوط القوتين سيتخذ سيراً لا يتعارض مع الآخر

والشكل **١٧** يبين السير الحقيقى لهذه الخطوط ويمكننا أن نثبت ذلك عملياً بواسطة برادة الحديد



(شكل ١٧)

والشكل **١٨** عبارة عن

ملف حلزونى أسلاكه معزولة عن بعضها وملفوفة حول اسطوانة من مادة غير قابلة للمغطسة

وبما أن الاسلاك المكون منها هذا الملف متوازية والتيار الكهربائى يمر فيها فى اتجاه واحد على طول الاسطوانة كما هو مبين بالرسم

(شكل ١٨)

اذاً لا بد وأن تسير خطوط القوة المغناطيسية المتولدة من التيار فى هذه الاسلاك على حسب سيرها فى شكل **١٧**

أى أن كل سلكين متوازيين مثل اَ ا ، بَ ب ، حَ ح تحصر هما خطوط القوة المغناطيسية المتولدة من التيار فيهما بالكيفية المبينة بالرسم السابق

يستنتج من ذلك أن قوة التيار المغناطيسية فى قلب الملف وهى المعبر عنها بعدد خطوط القوة المغناطيسية المارة بمساحة سنتيمتر مربع متعامد عليها فى القلب (بند ٦) تبلغ أقصى ما يمكن فى وسط الملف حيث تتزاحم خطوط القوة وأقلها على الأطراف

اذاً اذا قربنا قطعة من الحديد من أحد سطحى الملف العرضى وكان قلب الملف أجوفاً تنجذب قطعة الحديد بتأثير مغناطيسية التيار الكهربائى وتتحرك الى أن تصل للموضع الذى يمكن فيه للقطعة أن تحصر داخلها أقصى ما يمكن من هذه الخطوط وبديهى أن هذا الموضع هو وسط القلب كما هو ظاهر من الرسم

وقد صمم كثير من أجهزة القياس الكهربائية (كالاميرومترات والفلتمترات على هذه النظرية وسميت بالأجهزة ذوات القلب المتحرك نسبة لهذا التأثير

معرفة اتجاه سير خطوط القوة المغناطيسية فى قلب الملف الكهربائى

بند ١٨ — لمعرفة اتجاه سير الخطوط المغناطيسية المتولدة فى قلب ملف كهربائى نستعمل قانون قبضة اليد اليمنى أو قانون البريمة ولكن على عكس استعماله لمعرفة اتجاه خطوط القوة المتولدة من تيار كهربائى فى سلك مستقيم وذلك بأن يمثل اتجاه قبضة اليد أو اتجاه حركة البريمة الدورية سير التيار الكهربائى فى الملف فاتجاه امتداد الابهام أو اتجاه حركة البريمة الاتجاهية فى القلب يعين اتجاه سير خطوط القوة المغناطيسية فى قلب الملف وشكل ١٨ مبين فيه اتجاه التيار واتجاه الخطوط المغناطيسيه المستنتجة من أحد هذين القانونين

الفصل الثانى

الكثافة المغناطيسية وقوة التيار المغناطيسية وكيفية تقديرهما

بند ١٩ — الكثافة المغناطيسية فى قلب أى ملف كهربائى عبارة عن عدد خطوط القوة المغناطيسية المتولدة فى كل سنتيمتر مربع من سطح قطاع الملف العرضى وهو المتعامد على اتجاه خطوط القوة

وقد ذكرنا فى بند ٦ أن قوة التيار المغناطيسية على أى نقطة تقاس بعدد خطوط القوة المتولدة على السنتيمتر المربع من مساحة متعامدة على اتجاه الخطوط

أى أن قوة التيار المغناطيسية على أى نقطة تقاس بالكثافة المغناطيسية على هذه النقطة ولكن ذلك مقيد بشرط وهو أن يكون الوسط المار فيه الخطوط المغناطيسية — والذى فيه يراد قياس قوة التيار المغناطيسية — غير قابل للمغطسة

فالقلب الملفوف عليه الملف الكهربائى المبين بشكل ١٨ يمكن أن تدل الكثافة المغناطيسية على أى نقطة داخله على قوة التيار المغناطيسية اذا كان غير قابل للمغطسة كالهواء والخشب والنحاس والزجاج الخ

أما اذا كان نوع القلب الملفوف عليه الملف من الاجسام القابلة للمغطسة مثل جميع أنواع الحديد فالكثافة المغناطيسية لا تدل مطلقاً على قوة التيار المغناطيسية لأنه علاوة على الخطوط المغناطيسية المتولدة من التيار الكهربائى داخل الملف هناك خطوط قوة أخرى تتولد فى الحديد بالتأثير نتيجة قابليته وعلى كل حال يوجد فرق كبير بين قوة التيار المغناطيسية والكثافة المغناطيسية من الوجهة المعنوية

فالأول مسبب للثانى وفقط يتفقان من الوجهة الحسابية اذا كان الوسط غير قابل للمغطسة

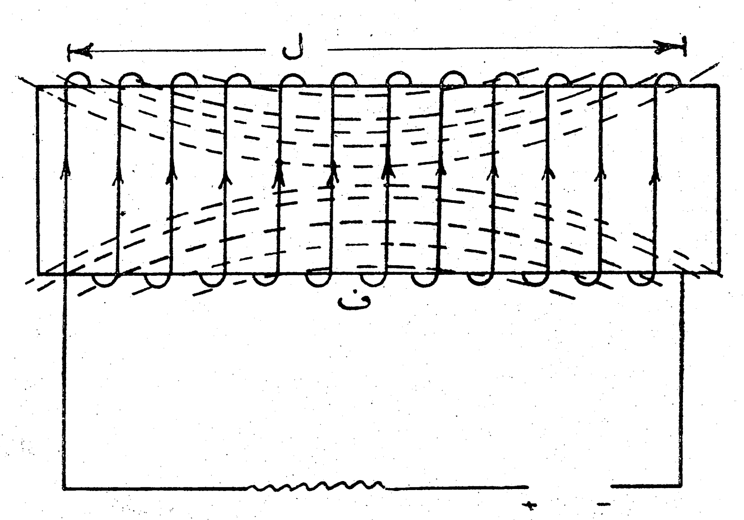
ويسمى الوسط الغير قابل للمغطسة بالوسط الهوائى والقابل للمغطسة بالوسط الحديدى

تقرير قوة التيار المغناطيسية فى قلب ملف حلزونى

بند ٢٠ — نفرض أن ك‍ه = قوة التيار المغناطيسية أى الكثافة المغناطيسية عند ما يكون القلب هوائيا

، ف = عدد اللفات المكون منها الملف شكل ١٩

، ل سنتيمتر = طول الملف



(شكل ١٩)

ولو فرضنا وحدة قطب شمالى موضوعاً على محور الملف فالقطب يتحرك بتأثير القوة المتبادلة بينه وبين قوة التيار المغناطيسية على منحنى القوة الموضوع عليه ولا يحيد عنه (بند ٥)

فالشغل المبذول بتأثير قوة التيار المغناطيسية اذا دار القطب دورة كاملة على منحنى القوة عبارة عن عدد الخطوط المقطوعة بالملف أثناء حركة القطب مضروباً فى شدة التيار الكهربائى فى الملف (بند ١٣) وهو عبارة عن القوة الدافعة المغناطيسية (بند ٧)

وبما أن عدد الخطوط المقطوعة بكل لفة أثنـــاء حركة القطب = ٤ ط خطوط وهى عدد الخطوط المتشععة من وحدة القطب

اذاً عدد الخطوط المقطوعة بجميع اللفات أثناء دوران القطب دورة واحدة على منحنى القوة المغناطيسية = ٤ ط ف

واذا فرضنا أن شدة التيار فى الملف = سہ أمبير = $\frac{\text{سہ}}{١٠}$ بالوحدات المطلقة

اذاً الشغل المبذول = ٤ ط $\frac{\text{سہ ف}}{١٠}$ ارج = القوة الدافعة المغناطيسية

ولكن الشغل = قوة التيار المغناطيسية × طول دورة منحنى القوة

وبما أن قوة التيار المغناطيسية أو الكثافة المغناطيسية خارج الملف بسيطة جداً وذلك لتشعع الخطوط المغناطيسية فى الخارج فى جميع الجهات

فالشغل المبذول خارج الملف بسيط جداً يمكن اهماله وعلى ذلك تعتبر المسافة المقطوعة بالقطب طول الملف ل سنتيمتر

اذاً الشغل المبذول $\frac{\text{٤ ط سہ ف}}{١٠}$ = لھ × ل

$$\text{اذاً } ك_هـ = \frac{٤ \text{ ط } ن \text{ ف}}{١٠ \times ل} = \frac{\text{القوة الدافعة المغناطيسية}}{\text{طول الملف}}$$

$$= \frac{١,٢٥٧ \text{ ن ف}}{ل}$$

أما اذا كان القلب حديدياً فالكثافة المغناطيسية تزيد أضعافاً عنها فى القلب الهوائى ولو فرضنا ں = عدد مرّات زيادة الكثافة المغناطيسية فى الوسط الحديدى عنها فى الهوائى وتسمى ں بمعامل النفاذ أو القابلية وتساوى حسب التعريف $\frac{ك}{ك_هـ}$ بفرض أن الكثافة المغناطيسية فى الوسط الحديدى

$$= ك = ك_هـ \times ں = \frac{١,٢٥٧ \times \text{ ن ف}}{ل} \times ں$$

واذا فرضنا أن س سنتيمتر مربع = مساحة سطح قطاع الملف العرضى المتعامد على اتجاه خطوط القوة المتولدة فى قلب الملف

فعدد الخطوط الكلية المتولدة فى قلب الملف ويسمى بالتدفق أو الفيض المغناطيسى (بند ٥)

$$ت = \frac{١,٢٥٧ \times \text{ ن ف}}{ل} \times ں \text{ س} = \frac{١,٢٥٧ \times \text{ ن ف}}{\frac{ل}{\text{س} \times ں}}$$

وتسمى القيمة $\frac{ل}{\text{س} \times ں}$ بمقاومة الوسط لمرور الخطوط المغناطيسية فيه

$$\text{أى أن التدفق المغناطيسى ت} = \frac{\text{القوة الدافعة المغناطيسية}}{\text{مقاومة الوسط}}$$

$$\doteq \frac{\text{ں . ى . م}}{\text{م}_\text{م}}$$

$$\text{بفرض أن } م_م = \text{مقاومة الوسط} = \frac{\text{ل}}{\text{ں} \times \text{س}}$$

$$\text{اذاً } ١٫٢٥٧ \times \text{سں ف} = \text{ت} \times \frac{\text{ل}}{\text{ں} \times \text{سں}}$$

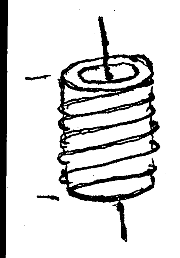
$$\text{أو سں ف} = \frac{\text{ت} \times \text{ل}}{١٫٢٥٧ \times \text{ں} \times \text{س}} = \text{ت} \times \frac{\text{ل}}{\text{ں} \times \text{س}} \times ٠٫٨$$

وبما أن سں بالامبير (لأن العدد ١٫٢٥٧ مأخوذ باعتبار أن سں بالامبير كما هو واضح)

اذاً سں ف يقال لها أمبير لفات

أى أن القوة الدافعـة المغناطيسية فى الوسط المحيط به الملف تتناسب مع الامبير لفات

مثال ذلك



مغناطيس كهربائى مكون من ١٥٠٠ لفة حول اسطوانة مجوفة من النحاس طولها ٢٠٫٥ سنتيمتر وقطرها الداخلى ١٠ سنتيمتر فاذا كان عمق اللفات ٢٫٥ سنتيم وشدة التيار المار فيها ١ أمبير فالمطلوب ايجاد (١) القوة الدافعة المغناطيسية فى قلب الملف (٢) قوة التيار المغناطيسية فى القلب (٣) التدفق المغناطيسى فى وسط قلب الملف

الحل : —

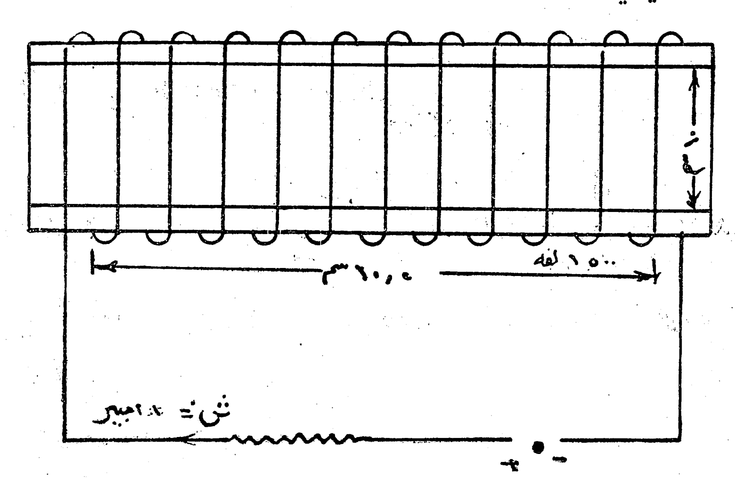
القوة الدافعة المغناطيسية = ١٫٢٥٧ سں ف

= ١٫٣٥٧ × ١ × ١٥٠٠ = ١٨٨٥٫٥ أرج

$$\text{قوة التيار المغناطيسية} = \frac{\text{ں . ى . م}}{\text{ل}} = \frac{١٨٨٥٫٥}{٢٠٫٥} = ٩٢ \text{ داين} = \text{ك}_\text{ه}$$

وبما أن الوسط الملفوف عليه الملف وسط هوائى

اذاً ك = كه أى أن الكثافة المغناطيسية تساوى فى التقدير قوة التيار المغناطيسية



(شكل ٢٠)

اذاً ك = ٩٢ خط قوة لكل سنتيمتر مربع من سطح القطاع العرضى

التـــدفق المغناطيسى فى الوسط = الكثافة المغناطيسية × متوسط مساحة المقطع

متوسط قطر الاسطوانة (بما فيه سمك اللفات)

$$= \frac{\text{القطر الداخلى + القطر الخارجى}}{٢} = \frac{١٠ + ١٥}{٢} = ١٢,٥ \text{ سنتيمتر}$$

$$\text{اذاً متوسط مساحة المقطع} = \frac{٢٢}{٧} \times \frac{١٢,٥^٢}{٤} = ١٢٦ \text{ سنتيمتر مربع}$$

اذاً التدفق المغناطيسى فى وسط القلب = ٩٢ × ١٢٦ = ١١٥٩٢ خط

تأثير الاجسام القابلة للمغنطة على قوة التيار المغناطيسية

بند ٢١ — شكل ٢١ عبارة عن مغناطيس كهربائى ملفوفة لفاته حول وسط هوائى

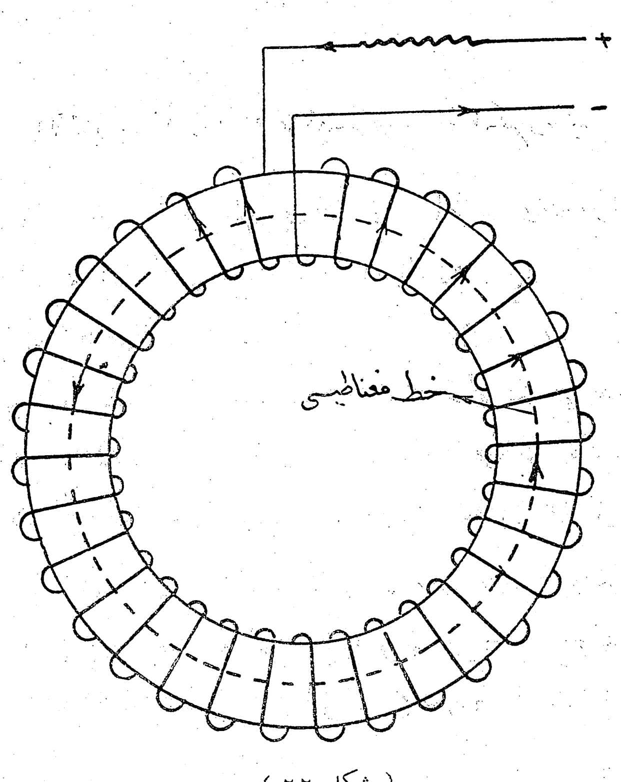
فقوة التيار المغناطيسية فى قلب الملف $= \frac{١,٢٥٧ \text{ س ف}}{\text{ل}}$ (بنـد ٢٠)

ولـكن اذا وضعنا ساقاً من الحديد فى قلب الملف كالمبين بالشكل تمغطس هذا الساق بتـأثير مغناطيسية التيار الـكهربائى

واذا كان سمك الساق أقل من سطح قطاع الملف وطبقنـا احـدى

(شكل ٢١)

القوانين المذكورة فى بنـد ١٨ لمعرفة اتجاه سـير الخطوط المغناطيسية نجد أن الخطوط المغناطيسية الخارجة من القطب الشمالى للساق الحديد تعا لس فى أثناء



(شكل ٢٢)

سيرها (الى أن تنتهى بالقطب الجنوبى) خطوط القوة المغناطيسية للتيار الكهربائى

أى أن قوة التيار المغناطيسية تضعف بوجود الساق الحديد عن قيمتها الأصلية . من ذلك نرى أنه اذا أريد معرفة العلاقة بين الكثافة المغناطيسية فى الساق الحديد وقوة التيار المغناطيسية المسببة لها فلا يمكن أن تكون التجربة مضبوطة اذا اتبع فى عمل التجربة (شكل ٢١) الا اذا كان سمك الساق الحديد مساوٍ تقريباً لسطح قطاع الملف ففى هذه الحالة لا يحصل أى تأثير على قوة التيار المغناطيسية لأن خطوط القوة للساق الحديد تسير خارج الملف فى اتجاه واحد مع خطوط القوة الناشئة عن قوة التيار المغناطيسية

كذلك اذا كان الملف حلقياً فقوة التيار المغناطيسية لا تتأثر بنوع الوسط الملفوف عليه الملف لخلوّه من الاقطاب (شكل ٢٢)

التشابه بين الدوائر المغناطيسية والدوائر الكهربائية

بند **٢٢** — يوجد تشابه كبير بين الدوائر المغناطيسية والدوائر الكهربائية ذات التيار الموحد الاتجاه من حيث تطبيق قانون أوم المعروف

أى أن العلاقة بين الضغط الكهربائى (أو فرق الجهد) بين طرفى سلك يمر فيه تيار كهربائى ومقاومة هذا السلك وشدة التيار الكهربائى هى نفس العلاقة بين فرق الجهد المغناطيسى بين نقطتين على منحنيات القوة المغناطيسية فى وسط مغناطيس كهربائى ومقاومة هذا الوسط المحصور بين النقطتين والتدفق المغناطيسى

والجدول الآتى يبين هذا التشابه بفرض أن م = مقاومة موصل ، ل = طول الموصل ، ع = المقاومة النوعية للموصل ، س = سطح قطاع الموصل ، سـ = شدة التيار الكهربائى فى الموصل ، ض = الضغط المنصرف فى المقاومة م

الدائرة الكهربائية		الدائرة المغناطيسية
ق . د . ك أو الضغط ض	يقابل لها	ق . د . م
$\text{م} = \frac{\text{ل}}{\text{س}_{ـ}} \times \text{ع}$	» »	$\text{م}_{\text{م}} = \frac{\text{ل}}{\text{س}} \times \frac{1}{\text{ق}}$ (بند ٢٠)
$\text{س} = \frac{\text{ض}}{\frac{\text{ل}}{\text{س}_{ـ}} \times \text{ع}}$	» »	$\text{ت} = \frac{1{,}257\ \text{س ف}}{\frac{\text{ل}}{\text{س}} \times \frac{1}{\text{ق}}}$
المقامة النوعية ع	» »	$\frac{1}{\text{ق}}$

والفرق الوحيد هو أن الطاقة المتولدة فى الدوائر المغناطيسية مدخرة ولا يمكن أن تتحول الى صورة أخرى إلا اذا حصل تغيير فى التدفق المغناطيسى (كما هو مبين فى الفصل الثالث من هذا الباب)

أما فى الدوائر الكهربائية فالطاقة المتولدة تتحول الى صور مختلفة طبقاً للشغل المعمول فى الدائرة ففى المصابيح الكهربائية تتحول الطاقة الكهربائية الى صورة ضوئية وحرارية وفى المحركات تتحول الى طاقة ميكانيكية وهلم جرا

والشكلان المرسومان (شكل ٢٣ و ٢٤) يبينان عمليا مقدار التشابه بينهما

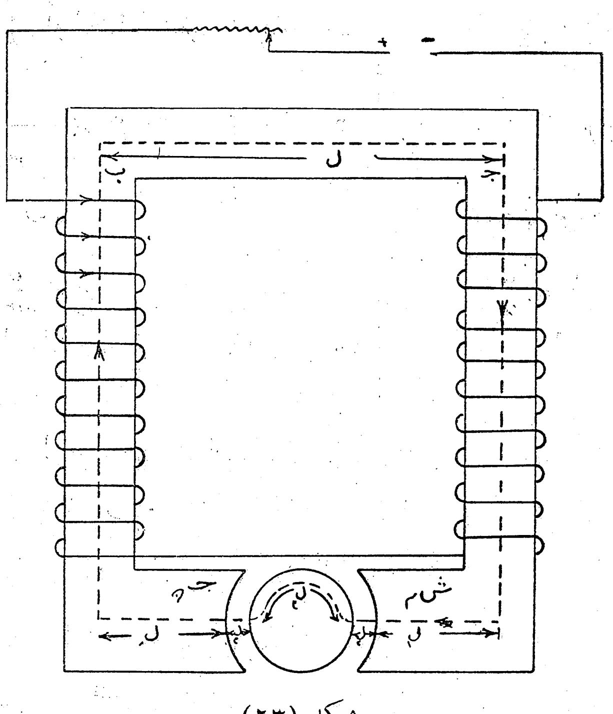
فالاول عبارة عن مغناطيس كهربائى مكوّن من القطبين $\text{س}_{\text{م}}$ و $\text{ح}_{\text{م}}$ وحامل القطبين . وموضوع بين القطبين اسطوانة من الحديد . فاذا فرضنا أن التيار الكهربائى س أمبير يمر بالملف فى الاتجاه المبين

فاتجاه خطوط القوة المغناطيسية المتولدة هو كالمبين

ولوفرضنا جزءاً من متوسط طول حامل القطبين المار فيه خطوط القوة = ل سنتم و سطح قطاعة = س سنتم^2 ومعامل نفاذ الحديد المكون منه = ق

ومتوسط الطول فى القطبين = ٢ $\text{ل}_{ـ}$ (باعتبار أن ل_{1} طول كل منهما)

وسطح قطاع كل منهما = س$_1$ سنتيمتر^2 ومعامل النفاذ لمعدنهما = ν$_1$
(باعتبار أن معدنهما مخالف لمعدن حاملهما)



شكل (٢٣)

وأن الثغرة الهوائية بين الاسطوانة ووجه القطب طولها = ل$_2$
وأن طول الاسطوانة المار فيه الخطوط المغناطيسية = ل$_3$
ومعامل النفاذ لمعدنها = ν$_3$ وسطح القطاع = س$_3$ سنتيمتر^2

شكل (٢٤)

فالامبير لفات س ف اللازمة لمرور التدفق المغناطيسى ت المطلوب فى

الطول ل من حامل القطبين $= ت \times \frac{ل}{س \times و} \times ٨ ,$ (بند ٢٢)

والامبير لفات $سه_{ـ} ف_{ـ}$ اللازمة لمرور التدفق فى وسط القطبين

$$= ت \times \frac{٢ ل_{١}}{س_{١} \times و_{١}} \times ٨ ,$$

والامبير لفات $سه_{٢} ف_{٢}$ اللازمة لمرور التدفق في وسط الثغرة الهوائية

$= ت \times \frac{٢ ل_{٢} ٨ ,}{س_{١} \times ١}$ (لان معامل نفاذ الهواء $= ١$ وكذلك مفروض أن سطح قطاع الثغرة $= س_{ـ}$)

والامبير لفات $سه_{٣} ف_{٣}$ اللازمة لمرور التدفق فى وسط الاسطوانة

$= ت \times \frac{ل_{٣} \times ٨ ,}{س_{٣} \times و_{٣}}$ وهكذا يمكن حساب الامبير لفات فى باقى الاوساط فى الشكل المبين

اذاً الامبير لفات الكليـة اللازمة لمرور التدفق المغناطيسى لجميع الاوساط ضد مقاومات جميع الاوساط المكونة للمغناطيس الكهربائى $=$ مجموع الامبير لفات المقدرة

$$= ت \times ٨ , \left(\frac{٢ ل_{ـ}}{س_{١} \times و_{١}} + \frac{٢ ل_{٢}}{س_{١} \times ١} + \frac{ل_{٣}}{س_{٣} \times و_{٣}} \text{الخ} \right)$$

والشكل الثانى عبارة عن دائرة كهربائية بها أربعة مقاومات $م_{١}$ ، $م_{٢}$ ، $م_{٣}$ ، $م_{٤}$ متصلة بالتوالى

فلو فرضنا أن سه أمبير $=$ شدة التيار المارة فى الدائرة

فالضغط اللازم لمرور التيار الكهربائى سه ضد المقاومة $م_{١} = سه\ م_{١}$

والضغط اللازم لمرور التيار الكهربائى سه ضد المقاومة $م_{٢} = سه\ م_{٢}$

والضغط اللازم لمرور التيار الكهربائى سه ضد المقاومة $م_{٣} = سه\ م_{٣}$

والضغط اللازم لمرور التيار الكهربائى سہ ضد المقاومة م$_٤$ = سہ م$_٤$

اذاً الضغط الكلى اللازم لمرور التيار الكهربائى ضد جميع المقاومات فى الدائرة = سہ (م$_١$ + م$_٢$ + م$_٣$ + م$_٤$) .

فهذان المثلان المغناطيسى والكهربائى يبينان بكل وضوح مقدار التشابه بين الاثنين

ملحوظة — اذا كان سطح القطاع ثابتاً فى جميع أجزاء المغناطيس الكهربائى فى المثل السابق شكل ٢٣ فالكثافة المغناطيسية $\frac{ت}{س}$ تكون ثابتة فى جميع الاجزاء

وعلى ذلك الامبير لفات الكلية = ك $\left(\frac{ل_١}{ى_١} + \frac{ل_٢}{ى_٢} + \frac{ل_٣}{ى_٣} \text{ الخ} \right)$

أمثلة محلولة

(١) حلقة من الحديد المسبوك سطح قطاعها ٤ سم^٢ ومتوسط محيطها ٢٠ سم^٢ فما هى الامبير لفات اللازمة لتوليد تدفق مغناطيسى قيمته ٣٢٠٠٠ خط مع العلم أن معامل النفاذ أو القابلية للحديد المسبوك = ١٠٠

$$\text{سہ} \times \text{ف} = \text{ت} \times \frac{\text{ل}}{\text{س} \times \text{ى}} \times ٨ر = ٣٢٠٠٠ \times \frac{٢٠}{٤ \times ١٠٠} \times ٨ر$$

= ١٢٨٠ أمبير لفات

(٢) فى المثل السابق ما هى الامبير لفات اللازم اضافتها اذا عملنا (بواسطة منشار) ثغرة هوائية فى الحلقة طولها $\frac{١}{٢}$ سم

$$\text{سہ}_١ \text{ف}_١ \text{ فى الثغرة الهوائية} = ٣٢٠٠٠ \times \frac{\frac{١}{٢}}{٤ \times ١} \times ٨ر = ٣٢٠٠$$

من هذا المثل يتضح لنا أن وجود ثغرة هوائية فى الحلقة معناه زيادة مقاومة

الوسط وعلى ذلك يلزم زيادة الامبير لفـات اللازمة لمرور التدفق المغناطيسى (٣٢٠٠٠ خط) بمقدار ٣٢٠٠ أمبير لفة

أى أن الامبير لفات الكلية اللازمة مع وجود الثغرة = ٣٢٠٠ + ١٢٨٠ = ٤٤٨٠ أمبير لفة . لذلك من الاقتصاد أن تكون الثغرة الهوائية فى الدوائر المغناطيسية قصيرة ما أمكن

(٣) حلقة من الحديد مساحة مقطعها ٣ سم٢ ومتوسط محيطها ٥٠ سم وعدد اللفات الملفوفة حولها ١٠٠ لفة من السلك المعذول فاذا كانت شدة التيار الكهربائى اللازم لتوليـد تدفق مغناطيسى فى قلب الملف قيمته ٤٠٠٠٠ خط هى ٨ أمبير فما هو معامل نفاذ الحديد المصنوع منه الحلقة

$$\text{التدفق ت} = \frac{١,٢٥٧ \times \text{ن} \times \text{ف} \times \text{س} \times \text{ύ}}{\text{ل}}$$

$$= \frac{١,٢٥٧ \times ٨ \times ١٠٠ \times ٣ \times \text{ύ}}{٥٠} = ٤٠٠٠٠$$

$$\therefore \text{ύ} = \frac{٥٠ \times ٤٠٠٠٠}{١,٢٥٧ \times ٨ \times ١٠٠ \times ٣} = \underline{\underline{٦٦٠}}$$

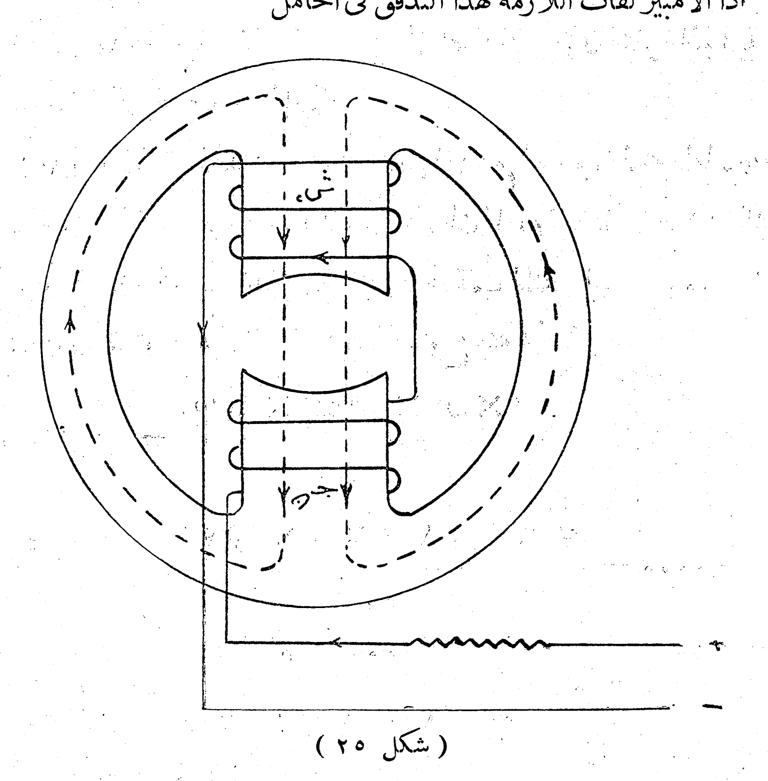
(٤) الشكل ٢٥ المرسوم عبارة عن عضو توليد دينامو وهو مكوّن من قطبين سطح قطاع كل منهما ٤٠٠ سنتيمتر٢ ومتوسط طول كل منهما ٨ سنتيمتر وحامل للقطبين متوسط طوله ٤٠ سنتيمتر وسطح قطاعه ٨٠ سنتيمتر٢

والمطلوب ايجاد الامبير لفات اللازمة لتوليد تدفق مغناطيسى قيمته فى كل قطب $٢,٢٤ \times ١٠^{٦}$ خطا (أو ٢,٢٤ ميجا خط لان ميجا معناها مليون) ضد مقاومة القطبين وحاملهما . على فرض أن الحديد المستعمل فى عمل القطبين وحاملهما هو الحديد المسبوك وأن معامل النفاذ للحديد المسبوك = ٦٠٠

الحل : بما أن كثافة التدفق المغناطيسى فى كل قطب ضعفه فى حامل القطبين كما هو واضح من الشكل (٢٥)

اذاً التدفق اللازم فى الحامل $= \frac{٢,٢٤ \times ١٠^{٦}}{٢} = ١,١٢ \times ١٠^{٦}$ خط

اذاً الامبير لفات اللازمة لهذا التدفق فى الحامل



(شكل ٢٥)

$= \frac{١,١٢ \times ١٠^{٦} \times ٤٠ \text{ سنتمتر} \times ٨ر}{٨٠ \text{ سنتمتر}^{٢} \times ٦٠٠٠}$ (بند ٢٠) = ٧٥ أمبير لفات

الامبير لفات اللازمة لكل قطب $= \frac{٢,٢٤ \times ١٠^{٦} \times ٨ \times ٨ \text{ سنتمتر} \times ٨ر}{٤٠٠ \text{ سنتمتر}^{٢} \times ٦٠٠٠}$

= ٦ أمبير لفات تقريباً وفى القطبين = ٦ × ٢ = ١٢ أمبير لفات

اذاً الامبير لفات الكلية = ٧٥ + ١٢ = **٨٧** أمبير لفة

الفصل الثالث

التيارات الكهربائية المستنتجة

تجارب فرداى

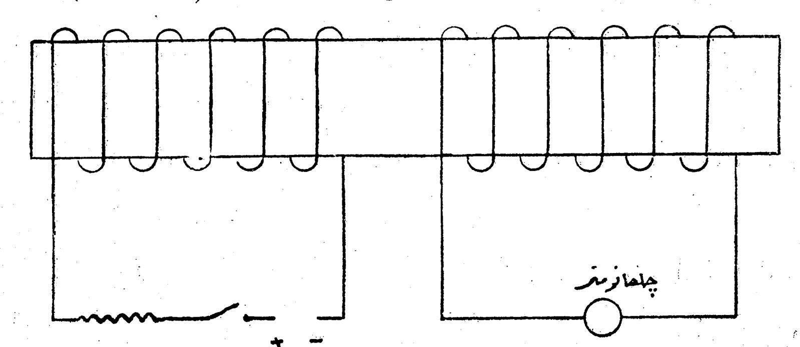
بند **٢٣** — فى سنة **١٨٣١** عمل فرداى العالم الانجليزى التجارب الآتية

(١) أتى بحلقة من الحديد ولف عليها موصلين كهربائيين معذولين الواحد فوق الآخر ثم وصل طرفى أحدهما بجلفانومتر وطرفى الآخر بينبوع كهربائى فوجد أن أبرة الجلفانومتر انحرفت بمجرد توصيل التيار الكهربائى فى الملف الآخر مما دله على أن تياراً كهربائياً قد سرى فى الملف الموصل للجلفانومتر

ولكن انحراف ابرة الجلفانومتر كان وقتياً لأن الابرة رجعت الى صفر التدريج مع أن التيار الكهربائى المستمد من الينبوع لم ينقطع

وعند قطع التيار الكهربائى من الينبوع لاحظ أيضاً أن الابرة انحرفت وقتياً كما كانت فى حالة وصل التيار الكهربائى ولكن الانحراف فى هذه المرة بعكس الانحراف فى المرة الاولى

(٢) اتى باسطوانة من الخشب ولف عليها موصلين كهربائيين معذولين ولكن لف الموصلين فى هذه المرة كان على استقامة واحدة (شكل **٢٦**) فوجد



شكل (٢٦)

أن التأثير الذى حصل على ابرة الجلفانومتر الموصل بطرفى أحدهما عند وصل أو قطع التيار الكهربائى الموصل بطرفى الملف الآخر هو تماماً كالتأثير الحاصل فى التجربة السابقة

(٣) لاحظ فرداى أيضاً أنه عند دفع ساق ممغطس داخل ملف موصل طرفاه بجلفانومتر أن الابرة انحرفت وقتياً وكذلك عند سحبه خارج الملف ولكن انحرافها فى الحالة الثانية عكس انحرافها فى الحالة الأولى

(٤) كذلك لاحظ أن ابرة الجلفانومتر الموصل طرفاه لموصل كهربائى مستقيم انحرفت وقتياً عند دفع الموصل بين قطبى مغناطيس فى اتجاه متعامد على خطوط القوة المغناطيسية

وان هذا الانحراف يكون أكبر ما يمكن اذا كان طول الموصل عمودياً على اتجاه الخطوط وصفراً اذا كان موازياً لها

نستنتج من التجارب السابقة القانون الآتى

اذا وضع موصل فى ساحة مغناطيسية وكان متعامداً بطوله على اتجاه الخطوط واذا حصل تغيير فى عددها اما بتحريك الموصل فى اتجاه متعامد عليها أو بتغيير قوة التدفق المغناطيسى تولدت فى الموصل قوة دافعة كهربائية وقتية وتسمى التيارات المتولدة من هذا التأثير بالتيارات المستنتجة

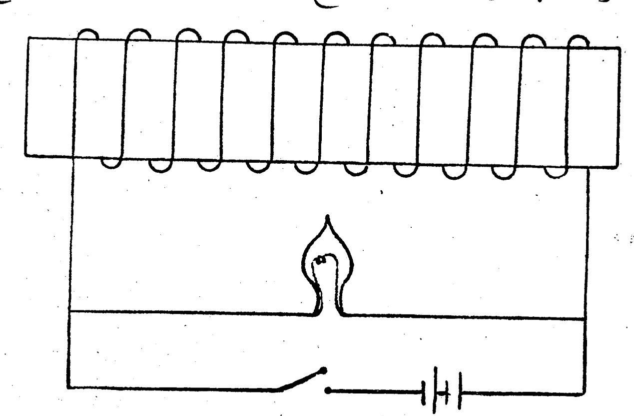
ويمكن تعريفها فى الملفات الكهربائية حسب تجارب فرداى السابقة بأنها عبارة عن التيارات المتولدة فى اللفات نتيجة حصول تغيير فى التدفق المغناطيسى داخل الملف بسبب تغيير فى شدة التيار الكهربائى المولد لهذا التدفق سواء كان هذا التيار فى نفس الملف أو فى غيره

فان كان الأول فالتيارات المستنتجة تسمى بالتيارات المستنتجة النفسية وان كان الثانى بالتيارات المستنتجة المتبادلة

ففى تجربة فرداى الأولى والثانية تولد التيار المستنتج فى الملف الموصل طرفاه بجلفانومتر وذلك عند قطع أو وصل التيار الكهربائى الموصل من ينبوع كهربائى فى الملف الثانى

اذاً يسمى التيار المستنتج فى التجربتين السابقتين بالتيار المستنتج المتبادل ويمكننا معرفة التأثير الحاصل فى الملف الموصل لينبوع كهربائى عند قطع أو وصل التيار فيه بالتجربة الآتية المبينة (بشكل ٢٧)

وهو عبارة عن مغناطيس كهربائى مكوّن من ملف من سلك معزول وملفوف حول قلب من الحديد المطاوع وموصل طرفاه ببطارية ومفتاح توصيل



(شكل ٢٧)

وموصل بالتوازى مع المغناطيس الكهربائى مصباح كهربائى. فنلاحظ أنه وان كان الضغط الكهربائى للبطارية أقل بكثير من الضغط اللازم لاضاءة المصباح الا أنه عند قطع أو وصل دائرة الملف بالبطارية يضىء المصباح وقتياً مما يدل على أنه تتولد قوة دافعة ناتجة عن الاستنتاج النفسى فى الملف وهذه القوة الدافعة المتولدة كافية لانارة المصباح (خصوصاً اذا كان عدد اللفات كبيراً)

تقدير القوة الدافعة المستنتجة

بند ٢٤ — يمكننا تقدير القوة الدافعة المستنتجة وذلك بتطبيق الجزء الاخير من القانون المستنتج فى بند ١٣ وهو :

كذلك لو تغير عدد خطوط قوة الساحة بدلا من حركة السلك بحيث أنها تقطع أثناء تغييرها السلك بالشروط السابقة فالشغل المبذول عبارة عن عدد الخطوط المتغيرة مضروباً فى شدة التيار فى السلك

فعند قطع التيار الكهربائى فى دائرة الملف فالتدفق المغناطيسى فى قلب الملف المتولد من هذا التيار سيتلاشى كله أو جزء منه (تبعاً لنوع القلب الملفوف عليه الملف)

فالجزء المتلاشى من الخطوط المغناطيسية سيقطع أثناء تلاشيه أسلاك اللفات فى اتجاه متعامد عليها وعلى ذلك ينطبق عليه القانون السابق

فلو فرضنا ت = التدفق المغناطيسى فى الملف الحلقى (شكل ٢٢)

و ف = عدد اللفات المكون منها الملف

و س أمبير = شدة التيار فى الملف من ينبوع كهربائى = $\frac{س}{١٠}$ بالوحدات المطلقة . ولو فرضنا أن جميع الخطوط تلاشت عند قطع التيار الكهربائى أى هبطت قيمتها من ت الى صفر

فعدد الخطوط المقطوعة بكل لفة من اللفات = ت

اذاً الشغل المبذول بخطوط القوة المقطوعة بكل لفة = ت × $\frac{س}{١٠}$

$$\text{وبجميع اللفات} = \frac{ت \times س \times ف}{١٠} \text{ ارج}$$

وهذا الشغل المبذول هو عبارة عن الطاقة المدخرة داخل الملف (بند ٢٢) والذى تغير الى صورة كهربائية فى الملف ضد أى تغيير فى شدة التيار

$$\text{وبما أن القدرة المستنتجة} = \frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{الزمن}}$$

فلو فرضنا أن الزمن اللازم لقطع الدائرة كان ز ثوانى

$$\text{فالقدرة المستنتجة} = \frac{ت \times س \times ف}{١٠ \times ز} \text{ ارج} = \text{القوة الدافعة المستنتجة}$$

مضروبة فى شدة التيـار المستنتج = صه × سه × $١٠^{٧}$ ارج بفرض أن صه = القوة الدافعة المستنتجة وهى المتولدة لدفع التيار الـكهربائى سه فى الملف رغماً عن قطعه من الينبوع

وبما أن صه بالفلت ، سه بالامبير

∴ صه سه بالوات ولتحويلها الى الوحدات المطلقة نضرب فى $١٠^{٧}$ كما هو مبين

اذاً الفلت المتولد صه = $\frac{ت \times ف}{ز \times ١٠^{٨}}$ = عدد الخطوط المغناطيسية المقطوعة بالملف فى الثانية الواحدة

ولـكن ت = $\frac{١٫٢٥٧ \times سه\, ف}{\frac{ل}{س \times ن}}$ (بند ٢٠)

∴ صه = $\frac{١٫٢٥٧ \times ف^{٢}}{\frac{ل}{س \times ن}} \times \frac{سه}{ز \times ١٠^{٨}}$ فلت

وعلى وجه العموم اذا فرضنا أن التيار تغيرت شدته من سه الى سه_ فى الملف وهذا التغيير حصل فى ز ثوانى فمقدار التغيير فى شدة التيار فى الثانية

= $\frac{سه - سه_}{ز}$ فلوفرضنا أن التدفق المغناطيسى يتناسب مع البناء الـكهربائى

فالقوة الدافعة المستنتجة صه = $\frac{١٫٢٥٧ \times ف^{٢}}{\frac{ل}{س \times ن} \times ١٠^{٨}} \times \frac{سه - سه_}{ز}$

وتسمى النتيجة $\frac{١٫٢٥٧ \times ف^{٢}}{\frac{ل}{س \times ن} \times ١٠^{٨}}$ بمعامل الاستنتاج النفسى للملف ويرمز له بحرف $ع_{ه}$ والوحدة المأخوذة تسمى هنرى

وبما أن هذه النتيجة $= \frac{١,٢٥٧ \times ف}{\frac{ل}{س \times ى}} \times ف \times ١٠^{-٨}$

اذاً يمكن تعريف معامل الاستنتاج النفسى بأنه عبارة عن التدفق المغناطيسى المتولد داخل كل لفة عند ما يمر واحد أمبير فى جميع اللفات $\times$ عدد اللفات $\times ١٠^{-٨}$

مثال ذلك

١) اذا كان عدد لفات قطبى عضو توليـــد دينامو ٣٠٠٠ لفة والتدفق المغناطيسى المتولد من مرور تيار كهربائى شدته ٢ أمبير فى اللفات هو ٤×١٠^{٦} خطوط فى القطبين

فاذا فرضنا أن هذا التدفق المتولد يتناسب مع شدة التيار فالمطلوب تقدير معامل الاستنتاج النفسى وكذلك القوة الدافعة المستنتجة فى اللفات اذا قطعنا التيار الكهربائى فى ٠١, ثانية

الحل : —

$ع_{ه} =$ التدفق المتولد داخل كل لفة اذا كانت الشدة ١ أمبير $\times$ عدد اللفات $\times ١٠^{-٨}$

التدفق المغناطيسى المتولد داخل كل لفة اذا كانت الشدة ١ أمبير

$$= \frac{٤ \times ١٠^{٦}}{\text{٢ أمبير}}$$

$$\therefore ع_{ه} = \frac{٤ \times ١٠^{٦}}{٢} \times ٣٠٠٠ \times ١٠^{-٨} = \text{٦٠ هنرى}$$

القوة الدافعة المستنتجة $= ع_{ه} \times \frac{س}{ز} = ٦٠ \times \frac{٢}{٠١,} = \text{١٢٠٠٠ فلت}$

من هذا المثل يتضح لنا أن الفلت المستنتج أى الناتج عن قطع دائرة عضو

التوليد فجأة يصل الى قيمة عالية جداً بالنسبة للفلت المغذى للفات عضو التوليد اذ لو فرضنا أن مقاومة هذه اللفات ١٠٠ " فالفلت المغذى = ١٠٠" × ٢ أمبير = ٢٠٠ فلت أى أن الفلت المستنتج فى هـذه الحالة زاد ٦٠ مرة عن الفلت المغذى .

٢) المطلوب ايجاد معامل النفاذ (أو القابلية) للحديد المكوّن منه حلقة مساحة مقطعها ١٠ سنتم٢ ومتوسط محيطها ١٠٠ سنتم اذا تولد فيهـــا تدفق مغناطيسى قيمته ٢,× ١٠٦ خطوط بواسطة ٦٠٠ لفة حول الحلقة تحمل تياراً كهربائياً شدته ٢ أمبير واذا قطعنا دائرة الملف الكهربائية فى ٠٢, ثانية فما هى القوة الدافعة المستنتجة

ن = عدد مرات زيادة الكثافة المغناطيسية فى الوسط الحديدى

الحل : —

التدفق المغناطيسى ت = (١,٢٥٧ × س ن ف) ÷ (ل ÷ (ن × س))

= (١,٢٥٧ × ٢ × ٦٠٠ × ١٠ × ن) ÷ ١٠٠ = ٢, × ١٠٦ خطوط

اذاً ن = (٢, × ١٠٦ × ١٠٠) ÷ (١,٢٥٧ × ٢ × ٦٠٠ × ١٠) = ١٣٣٣ تقريباً

معامل الاستنتاج النفسى ع = (٢, × ١٠٦ × ٦٠٠ لفة) ÷ (٢ أمبير × ١٠٨) = ٦, هنرى

القوة الدافعة المستنتجة = ٦, × (٢ ÷ ٠٢,) = ٦٠ فلت

حل آخر للجزء الاول من المسألة

قوة التيار المغناطيسية $ك_{ه} = \frac{١,٢٥٧ \times س ف}{ل}$

$= \frac{١,٢٥٧ \times ٢ \times ٦٠٠}{١٠٠} = ١٥$

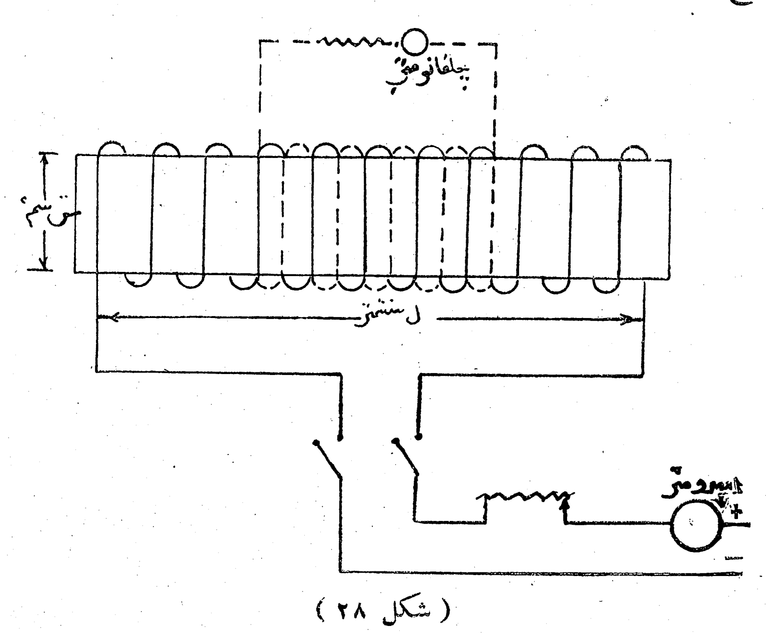
الكثافة المغناطيسية فى القلب الحديد للحلقة $ك = \frac{ت}{س} = \frac{٢,٢ \times ١٠^{٦}}{١٠ \text{ سنتم}^{٢}}$

$=$ ٢٠٠٠٠ خط لكل سنتيمتر مربع

ولكن معامل النفاذ $= \frac{ك}{ك_{ه}}$ (بند ٢٠) $= \frac{٢٠٠٠٠}{١٥} = ١٣٣٣$ تقريباً

الاستنتاج المتبادل

بند ٢٥ — شكل ٢٨ عبارة عن ملفين احدهما متصل بينبوع كهربائى ومفتاح توصيله ومقاومة منظمة وأمبيرو متر ويسمى بالملف الابتدائى .



(شكل ٢٨)

والثانى — وهو الملفوف حول الملف الاول كما هو مبين — متصل طرفاه بجلفانومتر ومقاومة ويسمى بالملف الثانوى

فاذا قطعنا التيار الكهربائى فجأة فى الملف الابتدائى بواسطة مفتاح التوصيلة فخطوط القوة المغناطيسية المتولدة من هـــذا التيار قبل قطعه فى قلب الملفين ستتلاشى على أثر قطع دائرة الملف الابتدائى (أو يتلاشى جزء منها تبعاً لنوع القلب الملفوف عليه الملفان) وستقطع أثناء تلاشيها كل لفة من اللفات الثانوية علاوة على قطعها للفات الابتدائية

اذاً لا بد وأن تتولد قوة دافعة مستنتجة فى الملف الثانوى كما هو الحال فى الملف الابتدائى وتساوى بالوحدات المطلقة عدد الخطوط المقطوعة باللفات الثانوية فى الثانية الواحدة

فلو فرضنا ت = التدفق المغناطيسى المتولد من سـ أمبير فى الملف الابتدائى

وان ف = عدد اللفات الابتدائية

و $ف_{١}$ = عدد اللفات الثانوية

$صـ_{١}$ = القوة الدافعة المستنتجة فى الملف الثـــانوى بالفلت اذا كان الزمن اللازم لقطع دائرة الملف الابتدائى = ز ثوانى

ولو فرضنا أن التدفق المغناطيسى يتناسب مع شدة التيار المولد له

فخطوط القوة المغناطيسية القاطعة للفات الثانوية عند قطع التيار سـ أمبير من الملف الابتدائى = ت × $ف_{١}$

وبما أن زمن القطع = ز ثوانى

اذاً القوة الدافعة المستنتجة فى الملف الثانوى $صـ_{١} = \frac{ت \times ف_{١}}{ز \times ١٠^{٨}}$ فلت

وتسمى بالقوة الدافعة المستنتجة المتبادلة

ولكن $ت = \frac{١,٢٥٧ \times سـ\ ف}{\frac{ل}{س \times ن}}$ (بند ٢٠)

$$\text{اذاً } ص_{1} = \frac{1{,}257 \times ف}{\frac{ل}{س \times ن} \times 10^{8}} \times ف_{1} \times \frac{س}{ز}$$

ولو فرضنا أن التيار الكهربائى قطع جزء منه بدلا من قطعه كلية (وذلك بواسطة المقاومة المنظمة المبينة) بحيث أن الجزء الباقى منه = $س_{1}$ وذلك فى ز ثوانى

فالقوة الدافعة المستنتجة المتبادلة $ص_{1}$

$$= \frac{1{,}257 \times ف}{\frac{ل}{س \times ن} \times 10^{8}} \times ف_{1} \times \frac{س - س_{1}}{ز}$$

وتسمى النتيجة $\frac{1{,}257 \times ف}{\frac{ل}{س \times ن} \times 10^{8}} \times ف_{1}$ بمعامل الاستنتاج المتبادل ويرمز له بحرف $ع_{م}$ ووحدته هى الهنرى

ويمكن تعريفه بأنه عبارة عن عدد الخطوط المغناطيسية المتولدة داخل كل لفة من اللفات الثانوية عند ما تكون شدة التيار فى الملف الابتدائى واحد أمبير × عدد اللفات الثانوية × 10^{-8}

$$\text{اذاً } ص_{1} = ع_{م} \times \frac{س - س_{1}}{ز}$$

ولو فرضنا أن م = مقاومة اللفات الثانوية والجلفانومتر وأى مقاومة فى نفس الدائرة الثانوية

$$\text{فشدة التيار المستنتجة المتبادلة } = ع_{م} \times \frac{س - س_{1}}{ز \times م} \text{ أمبير}$$

وبما أن كمية التيار الكهربائى = الامبير × الزمن بالثوانى

اذاً كمية التيار المستنتجة المتبادلة $= ع_م \times \frac{س - س_١}{ز \times م} \times ز$

$= ع_م \times \frac{س - س_١}{م}$ كولوم

وبما أن انحراف ابرة الجلفانومتر فى الملف الثانوى نتيجة الاستنتاج المتبادل يتوقف على شدة التيار المستنتجة وكذلك على الزمن الذى تلاشت فيه خطوط القوة أى على شدة التيار المتبادل × الزمن المستنتج فيه التيار

اذاً يتوقف انحراف ابرة الجلفانومتر على كمية التيار المستنتجة

مثال ذلك : —

اذا لففنا ملفاً ثانوياً من سلك معذول حول قطبى عضو التوليد (بحيث أن الملف فى اتجاه واحد) فى المسألة الاولى من المسألتين السابقتين (بند ٢٤) وكذلك حول الحلقة الحديد فى المسألة الثانيـة وكان عدد اللفات فى الاولى ١٠٠ لفة وفى الثانية ٢٠٠ لفة

فالمطلوب معرفة النتائج الآتية فى كل منهما

(١) معامل الاستنتاج المتبادل

(٢) القوة الدافعة المستنتجة المتبادلة

(٣) شدة التيار المستنتجة فى كل من الملفين الثانويين اذا كانت مقاومة دائرة الملف الثانوى لـكل منهما ١٠٠ "

(٥) كمية التيار المستنتجة المتبادلة

الحل : —

المسألة الاولى

(١) معامل الاستنتاج المتبادل $ع_م = \frac{٤ \times ١٠^{٦}}{٢ \text{ أمبير}} \times ١٠٠ \text{ لفة} \times ١٠^{-٨}$

$= \underline{\underline{٢}}$ هنرى

(٢) القوة الدافعة المستنتجة $ص_1$ = ٢ هنرى × $\frac{\text{٢ أمبير}}{\text{٠١ر ثوانى}}$

= ٤٠٠ فلت

(٣) شدة التيار المستنتجة = $\frac{\text{٤٠٠ فلت}}{\text{١٠٠}}$ = ٤ أمبير

(٤) كمية التيار المستنتجة = ٤ أمبير × ٠١ر ثوانى = ٠٤ر كولوم

المسألة الثانية

(١) $ع_م$ = $\frac{\text{٢ر} \times \text{١٠}^{\text{٦}}}{\text{٢ أمبير}}$ × ٢٠٠ لفة × ١٠$^{-8}$ = ٢ر هنرى

(٢) $ص_1$ = ٢ر هنرى × $\frac{\text{٢ أمبير}}{\text{٠٢ر ثوانى}}$ = ٢٠ فلت

(٣) شدة التيار المستنتجة = $\frac{\text{٢٠ فلت}}{\text{١٠٠}}$ = ٢ر أمبير

(٤) كمية التيار المستنتجة = ٢ر × ٠٢ر = ٠٠٤ر كولوم

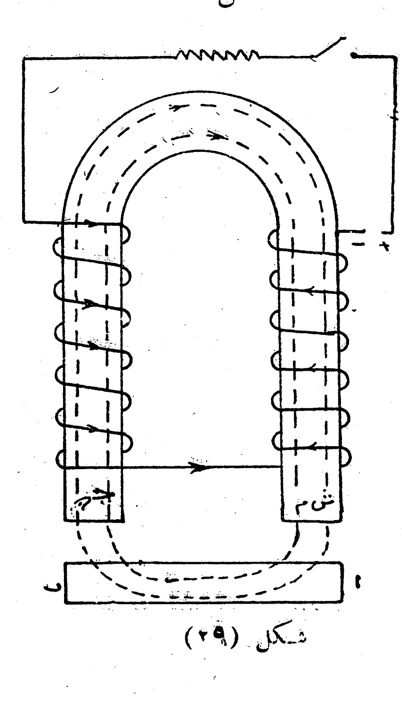
قوة المغناطيس الكهربائى لرفع الأثقال الحديدية

بند ٢٦ — نفرض أن ل = الكثافة المغناطيسية على سطح كل من قطبى المغناطيس $س_م$ ، $ح_م$ المبين بشكل ٢٩

وان س ف = الامبير لفات اللازمة لمرور هذه الخطوط فى الثغرة الهوائية بين القطبين وقطعة الحديد ا ب (بند ٢٢) وان س مأخوذة بالوحدات المطلقة

فالشغل المبذول عند تلاشى هذه الخطوط (ل) فى الثغرة الهوائية (نتيجة قطع التيار الكهربائى) = ل س ف = الطاقة المدخرة فى الثغرة لكل سنتيمتر مربع من سطح القطب (بند ٢٤)

ولـكن $\text{ك}_{\text{هـ}}$ قوة التيار المغناطيسية فى الثغرة $= \dfrac{\text{٤ ط س ف}}{\text{ل}}$ داين بفرض



شكل (٢٩)

ان ل سنتم = طول الثغرة

واذا كانت ل = ١ سنتم

اذاً $\text{ك}_{\text{هـ}} = \text{٤ ط س ف}$

أى أن $\text{س ف} = \dfrac{\text{ك}_{\text{هـ}}}{\text{٤ ط}}$

اذاً $\text{ك س ف} = \dfrac{\text{ك ك}_{\text{هـ}}}{\text{٤ ط}}$

ولـكن $\text{ك} = \text{ك}_{\text{هـ}}$ كما هو واضح من الرسم (لان الوسط هوائى)

اذاً الطاقة المدخرة فى الثغرة لـكل سنتيمتر مربع $= \dfrac{\text{ك}^{٢}}{\text{٤ ط}}$

وبما أن طول الثغرة = ١ سنتم

اذاً $\dfrac{\text{ك}^{٢}}{\text{٤ ط}}$ داين = القوة بين القطبين وقطعة الحديد لكل سنتمتر مربع من سطح القطب

وبين كل من القطبين وقطعة الحديد $= \dfrac{\text{ك}^{٢}}{\text{٨ ط}}$ للسنتمتر المربع

فاذا كانت المساحة الكلية لسطحى التلامس بين القطب الواحد وقطعة الحديد = س سم٢ فقوة القطب الواحد لرفع القطعة $= \dfrac{\text{ك}^{٢}\text{س}}{\text{٨ ط}}$ داين

مثال ذلك

المطلوب ايجاد مساحة مقطع مغناطيس كهربائى مصنوع من الصلب المسبوك على شكل حذاء الفرس اذا كان قادراً على رفع ألواح من الصلب وزنها ½ طونولاته على فرض أن الكثافة المغناطيسية على سطح كل من القطبين ١٣٠٠٠ خط لكل سنتمتر مربع .

الحل

القوة الرافعة لكل من قطبى المغناطيس $= \frac{\text{ك}^{2}\ \text{س}}{\text{٨ ط}}$ داين

$$= \frac{\text{ك}^{2}\text{س}}{\text{٨ ط} \times \text{٩٨١}} \text{ جرام} = \frac{\text{ك}^{2}\text{س}}{\text{٨ ط} \times \text{٩٨١} \times \text{٤٥٣,٦}} \text{ رطل}$$

$$= \frac{\text{ك}^{2}\text{س}}{\text{١١,٢} \times \text{١٠}^{\text{٦}}} \text{ رطل} = \frac{\text{١٣٠٠٠}^{2} \times \text{س}}{\text{١١,٢} \times \text{١٠}^{\text{٦}}} \text{ رطل}$$

ولكن القوة الرافعة للقطبين $= \frac{1}{2}$ طونولاته $= \frac{\text{٢٢٤٠}}{\text{٢}} = \text{١١٢٠}$ رطل

اذاً القوة الرافعة للقطب الواحد $= \frac{\text{١١٢٠}}{\text{٢}} = \text{٥٦٠}$ رطل

$$= \frac{\text{١٣٠٠٠}^{2} \times \text{س}}{\text{١١,٢} \times \text{١٠}^{\text{٦}}}$$

اذاً س $= \frac{\text{٥٦٠} \times \text{١١,٢} \times \text{١٠}^{\text{٦}}}{\text{١٣٠٠٠}^{2}} = \frac{\text{٣٧,١}}{\text{٢}}$ سنتم^{2} $=$ **٥,٧٥** بوصة مربعة

كيفية قياس معامل النفاذ أو القابلية ك / كه للحديد من أى نوع

بند **٢٧** — بما أن انحراف ابرة الجلفانومتر الوقتية الناتجة عن التيار المستنتج فى الملف الثانوى تتوقف على كمية التيار (بند ٢٥)

فلاجل ايجاد معامل النفاذ لقابلية أى معدن من المعادن الحديدية تتبع التجربتين الآتيتين —

أولا — معرفة كمية التيار الكهربائى المستنتج فى الملف الثانوى التى تسبب انحراف ابرة الجلفانومتر المتصل بهذه الدائرة درجة واحدة

وتسمى هذه الكمية بالعدد الثابت للجلفانومتر

ثانياً — استعمال هذا الجلفانومتر بعد عمل التجربة السابقة عليه لايجاد العلاقة بين الكثافة المغناطيسية ك المتولدة فى الحديد المراد معرفة معامل نفاذه وبين قوة التيار المغناطيسية كه المولدة لها

التجربة الاولى

بند **٢٨** — نفرض أن ف = عدد اللفات الابتدائية الملفوفة حول اسطوانة مصنوعة من مادة غير قابلة للمغطسة كالخشب طولها لا يقل عن ١٠٠ سنتيم حتى لا تؤثر أطرافها على الكثافة المغناطيسية فى الوسط (شكل ٣٠)

و س سنتيم٢ = متوسط سطح القطاع العرضى للفات الابتدائية

و ف١ = عدد اللفات الثانوية الملفوفة حول اللفات الابتدائية

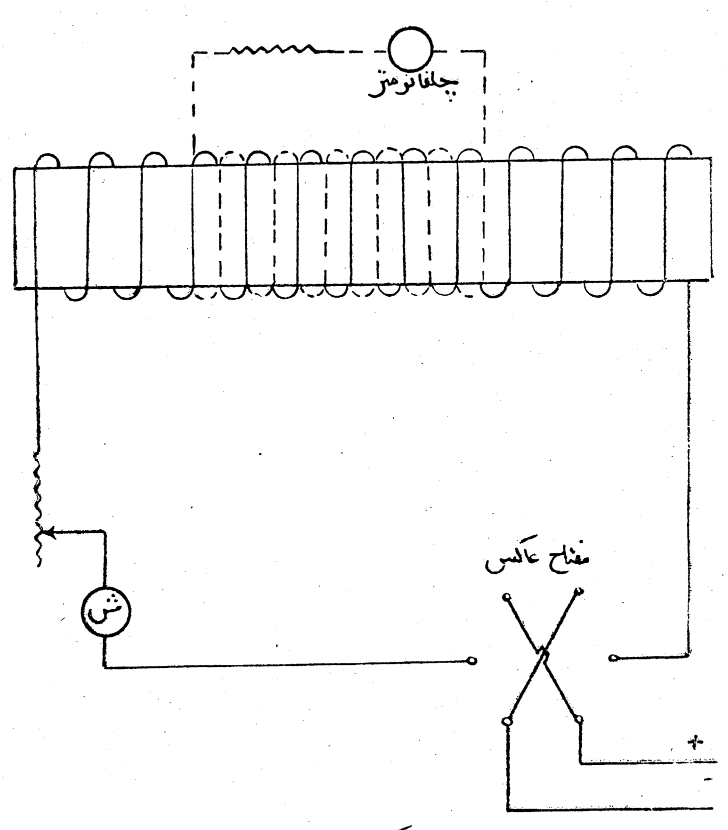
والملف الابتدائى متصل بمقاومة متغيرة وأمبيرومتر ومفتاح عاكس وينبوع كهربائى كما فى الشكل ٣٠ والملف الثانوى متصل بمقاومة وجلفانومتر دقيق (الجلفانومتر الاستاتيكى ذو المرآة هو أنسب نوع لعمل هذه التجربة)

ونفرض أن ش أمبير = شدة التيار الكهربائى فى الملف الابتدائى (وهو المستمد من الينبوع الكهربائى)

فعند عكس التيار الكهربائى فى الملف الابتدائى بواسطة المفتاح العاكس

فشدة التيار تتغير من + س الى — س

أى أن قيمة تغيير التيار الكهربائى باعتبار خطوط القوة المغناطيسية القاطعة للملف الثانوى أثناء هذا التغيير = ٢ س



(شكل ٣٠)

فكمية التيار المستنتجة فى الملف الثانوى على حسب بند ٢٥

$$= ع_م \times \frac{٢ س}{م}$$

بفرض أن $ع_م$ هنرى = معامل الاستنتاج المتبادل و م مقاومة دائرة الملف الثانوى بما فيه الجلفانومتر بالأوم

فاذا فرضنا أن ابرة الجلفانومتر اندفعت بمقدار ه° تحت تأثير هذه الكمية المستنتجة وان حـ العدد الثابت المطلوب ايجاده

اذاً $ع_م \times \frac{٢ س}{م} = هـ \times حـ$

ولكن $ع_م = \frac{١,٢٥٧ \times ف \times ف_١}{\frac{ل}{س \times ١} \times ١٠^٨}$ وجميع عوامل هذه المعادلة يجب أن تكون معروفة

اذاً $ع_م$ يمكن ايجادها

اذاً $حـ = \frac{ع_م \times ٢ س}{م \times هـ}$ ويمكن تقديره

قلنا أن الجلفانومتر المستعمل فى هذه التجارب يجب أن يكون دقيقاً جداً حتى نضمن تناسب انحراف ابرته مع كمية التيار

ولكن الجلفانومترات المستعملة فى هذه التجارب الدقيقة لا يمكن — مع دقة صنعها — ضمانها ضماناً كافياً

لذلك يحسن تكرار التجربة السابقة بتغيير شدة التيار الكهربائى فى كل حالة فى الملف الابتدائى ونرسم منحنياً بيـــانياً بين كمية التيار المستنتجة المتبادلة ودرجات انحراف ابرة الجلفانومتر المقابلة لها

ومن هذا الخط البيانى يمكننا ايجاد العدد الثابت للجلفانومتر فى كل حالة

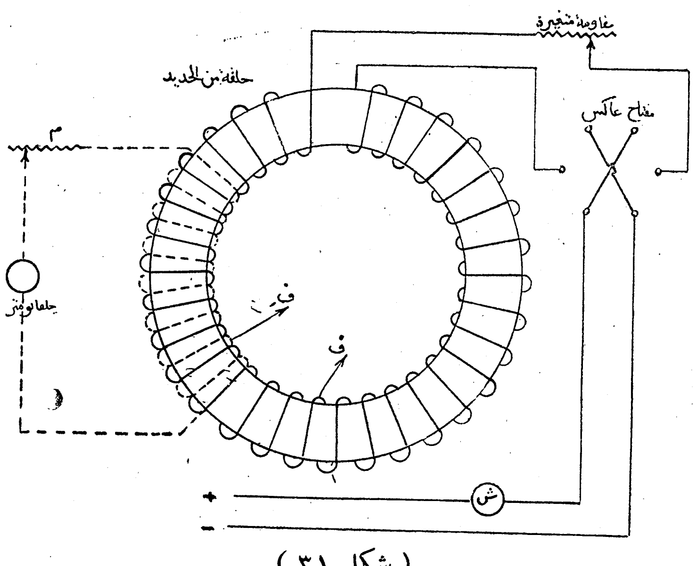
التجربة الثانية

بند **٢٩** — بعد رسم المنحنى البيانى السابق نجرى التجربة الثانيـة لمعرفة معامل النفاذ للنوع المطلوب من الحديد مع استعمال نفس الجلفانومتر المستعمل فى التجربة السابقة

وذلك بأن نأتى بالحديد ونسبكه على شكل حلقة تجنباً من التأثير الذى يحدث من المغناطيسية المتولدة فيه على قوة التيار المغناطيسية المولدة لها (بند ٢١)

وشكل ٣١ يبين بوضوح كيفية التوصيل

ثم نعمل فى هـذه التجربة كما عملنا فى التجربة السابقة من حيث عكس التيار الكهربائى وأخذ قراءة الجلفانومتر الوقتية فى الملف الثانوى. غير أنه يجب



(شكل ٣١)

عكس التيار الكهربائى جملة مرار بعد كل قراءة لنضمن تناسب تغيرات التدفق المغناطيسى مع تغيرات التيار الكهربائى فى الملف الابتدائى

ولنفرض جميع الرموز فى التجربة السابقة لهذه التجربة من حيث اللفات الابتدائية والثانوية ومتوسط محيط الحلقة وسطح قطاعها وانحراف ابرة الجلفانومتر وشدة التيار فى الملف الابتدائى

فالتدفق المغناطيسى ت فى الحلقـة = ك × س بفرض أن ك الكثافة المغناطيسية لكل سنتيمتر مربع من قطاع الحلقة

وكمية التيار المستنتجة فى الملف الثانوى نتيجة عكس التيار س بالمفتاح

$$\text{العاكس} = ع_م \times \frac{٢ س}{م} \text{ وبتحليلها الى عواملها } = \frac{٢ ت \times ف_١}{١٠^٨ \times م}$$

$$= \frac{٢ ك \times س \times ف_١}{م \times ١٠^٨}$$

ويمكن أن نتحقق من العدد الثابت للجلفانومتر ح المقابل لهذه الكمية على المنحنى البيانى المرسوم فى التجربة السابقة

اذاً $\frac{٢ ك \times س \times ف_{١}}{م \times ١٠^{٨}} = ه \times ح$

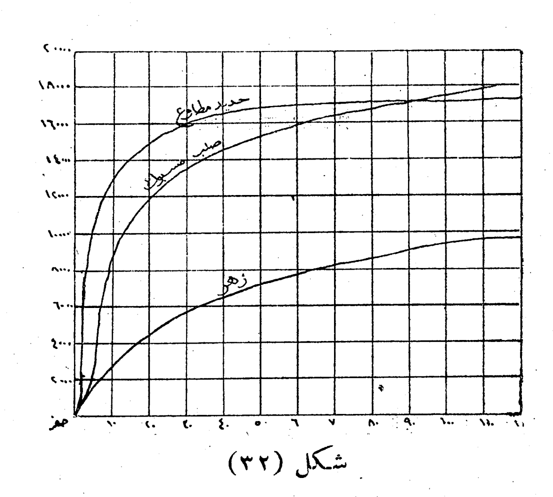
اذاً $ك = \frac{ه \times ح \times م \times ١٠^{٨}}{٢ س ف_{١}} = ه \times \frac{ح \times م \times ١٠^{٨}}{٢ س ف_{١}}$

والقيمة $\frac{ح \times م \times ١٠^{٨}}{٢ س ف_{١}}$ ثابتة على طول التجربة ومعلومة أرقامها

أما قوة التيار المغناطيسية $ك_{ه}$ المقابلة للكثافة ك فيمكن تقديرها مباشرة

لأنها تساوى $\frac{١,٢٥٧ \times س \times ف}{ل} = س \times \frac{١,٢٥٧ \times ف}{ل}$

والقيمة $\frac{١,٢٥٧ \times ف}{ل}$ ثابتة على طول التجربة ومعلومة أرقامها



شكل (٣٢)

اذاً يمكننا رسم المنحنى بين ك احداثى رأسى ، $ك_{ه}$ احداثى أفقى وهذا

المنحنى يسمى منحنى التمغطس لنوع الحديد المعمول عليه التجربة ومنه يمكننا

أيجاد معامل النفاذ $\frac{ك}{كه}$ فى كل نقطة على المنحنى . والمنحنيات المرسومة شكل ٣٢

عبارة عن منحنيات التمغطس للمعادن المبينة على كل منها

الفصل الرابع

القصور المغناطيسى

تأثير نوع الوسط الحديدى على التدفق المغناطيسى

بند **٣٠** — عرفنا فى الفصل الثالث كيفية قياس المغناطيسية المتولدة من مرور تيار كهربائى فى ملف كهربائى وعرفنا أيضاً أن المغناطيسية المتولدة فى القلب الحديدى تزيد أضعافاً عن قوة التيار المغناطيسية المولدة لها كه أو الكثافة المغناطيسية اذا كان الوسط هوائياً (أى غير قابل للمغطسة)

واذا أجرينا التجربة السابقة لايجاد منحنى التمغطس على حلقتين من الحديد متساويتى الابعاد وعدد اللفات . نلاحظ أن مقدار المغناطيسية المتولدة فيهما تختلف باختلاف نوعيهما الحديدى مع تساوى س فيهما

فمثلا لو كان الاول نوعه من الحديد المطروق والثانى من الصلب المسبوك نجد أن المغناطيسية فى الأول أكثر منها فى الثانى أو بمعنى آخر أن قابلية أومعامل نفاذ الاول أكبر منه فى الثانى

تقهقر المغناطيسية عن القوة المولدة لها

بند **٣١** — كذلك لو غيرنا شدة التيار الكهربائى المار فى ملف قلبه مصنوع من أى معدن حديدى فالمغناطيسية المتولدة فى قلب الملف لا تتغير دائماً

بنسبة الشدة المولدة لها

فلو كانت الامبير لفات (بند ٢٢) فى بدء التجربة قليلة جداً فالمغناطيسية تزيد بنسبة زيادة شدة التيار ولكن لحد محدود يلاحظ بعده أن زيادة المغناطيسية ابتدأت تضعف نسبياً عن زيادة شدة التيار

وهذا الضعف يزداد حتى يصل القلب الحديدى الى درجة التشبع كما يلاحظ ذلك من منحنيات التمغطس المرسومة لثلاثة معادن حديدية (شكل ٣٢)

فمعدن الزهر يصل الى درجة التشبع عندما تكون قوة التيار المغناطيسية $ك_{هـ}$ = ١١٠ داين تقريباً ويبدأ الحديد المطاوع فى درجة التشبع عندما تكون $ك_{هـ}$ = ٦٠ تقريباً والكثافة $ك$ على درجة التشبع فى الزهر = ٩٠٠٠ خط تقريباً وفى الحديد المطاوع = ١٦٨٠٠ خط ومعنى درجة التشبع أن تثبت المغناطيسية فى الحديد على قيمتها مهما زادت شد التيار الكهربائى فى الملف أى أن القلب الحديدى فى هذه الدرجة يولد مقاومة كبيرة تمنع أى ازدياد فى مغناطيسيته فمعامل النفاذ على هذه الدرجة يساوى صفراً

ويمكن أن نعتبر هذه الدرجة التى يصل فيها معامل النفاذ الى صفر درجة ترتيب جميع جزيئات الحديد فى خطوط متوازية حسب نظرية امبير فى توليد المغناطيسية فى الاجسام . أما لو وصلنا تياراً كهربائياً فى ملف قلبه هوائى فالمغناطيسية المتولدة فى الوسط الناشئة عن الامبير لفات وليست عن الوسط نفسه — لأنه غير قابل للمغطسة — تزيد نسبياً بزيادة الامبير لفات ولا تتغير النسبة مطلقاً

وكذلك لو قللنا التيار الكهربائى تدريجياً فان المغناطيسية المتولدة عنه فى هذا الوسط تنقص تدريجياً أيضاً بنسبته وتتلاشى فى الوقت الذى تصل فيه شدة التيار الكهربائى الى صفر

المغناطيسية الباقية

بند **٣٢** — أما فى القلب الحديدى فالمغناطيسية لا تنقص بنسبة نقصان شدة التيار الكهربائى بل بأقل منها (الا اذا كان الحديد حديداً مطاوعاً) أى يبقى جزء منها فى الحديد

ويسمى هذا الجزء الباقى فى الحديد من المغناطيسية بعد انقطاع التيار الكهربائى بالمغناطيسية الباقية وعلى هذه المغناطيسية الباقية يتوقف تولد القوة الدافعة الكهربائية فى الديناموات ذوات التغذية النفيسة (الباب الثالث)

ينتج لنا من عدم تناسب شدة التيار الكهربائى فى الملف ذى القلب الحديدى مع المغناطيسية المتولدة منها أننا لو زدنا شدة التيار الى أى قيمة فى هذا الملف ثم أنقصناها تدريجياً الى أى قيمة أخرى فان عدد الخطوط المغناطيسية الناتجة عن شدة التيار الاخير تكون أكثر منها فيما لو وصلنا الى هذه الشدة الأخيرة من أسفل الى أعلا

وهذه الخاصية الاخيرة فى المواد الحديدية تسمى بالقصور أو التقهقر المغناطيسى لأن المغناطيسية لا تتفق فى النقصان مع شدة التيار المولد لها بل تتقهقر عنه ويتسبب عن هذا التقهقر المغناطيسية الباقية فى الحديد بعد انقطاع التيار الكهربائى فى دائرة الملف

والمنحنى المرسوم شكل ٣٣ عبارة عن منحنى الدورة المغناطيسية ولايجاد هذا المنحنى نتبع الطريقة السابقة (بند ٢٨ و ٢٩) فى ايجاد منحنى التمغطس الذى يجمع بين قوة التيار المغناطيسية كه والكثافة المغناطيسية الناتجة عنها فى الحديد ك (شكل ٣١)

وهذا المنحنى هو ا ب (شكل ٣٣) ونقطة ا مفروض فى الرسم أنها بدء درجة التشبع فعند الوصول الى هذه النقطة نقلل التيار الكهربائى تدريجياً فى الملف الابتدائى وذلك بواسطة المقاومة المتغيرة وفى كل حالة نحسب كثافة المغناطيسية الباقية

فنلاحظ أن الكثافة المغناطيسية فى حالة نزول التيار الكهربائى أكبر منها فى حالة صعوده

فمثلا لو كانت شدة التيار اللازمة لتوليد كثافة مغناطيسية قيمتها ٨٠٠٠ خط فى الحلقة الحديد (شكل ٣١) هى ٢٠ أمبير وان هذه الكثافة زادت الى ٩٠٠٠ خط عند زيادة التيار الكهربائى الى ٢٥ أمبير على منحنى التمغطس ب ا (شكل ٣٣)

(شكل ٣٣)

فعند الرجوع بالتيار الكهربائى من ٢٥ أمبير الى ٢٠ أمبير نجد أن الكثافة المغناطيسية زادت عن ٨٠٠٠ خط (وهى الكثافة المعادلة ٢٠ أمبير فى الحالة الاولى) ولو استمرينا فى التجربة فى تنقيص شدة التيار الكهربائى نجد أن جزءاً من المغناطيسية ب ع باقٍ فى الحديد عند قطع التيار الكهربائى وهذه المغناطيسية الباقية تحتاج الى تيار عكسى لازالتها

وهذه القوة اللازمة لازالة المغناطيسية الباقية (بعد قطع التيار الكهربائى) تسمى بقوة مناعة الحديد المغناطيسية

فاذا فرضنا أن ب ى هى شدة التيار أو قوة التيار المغناطيسية كه اللازمة لازالة المغناطيسيه الباقية واستمرينا فى التجربة بزيادة شدة التيار العكسية نجد أن المغناطيسية تزيد من الجهة السلبية على الخط البيانى الى أن تصل الى درجة التشبع

ويمكننا اتمام الدورة المغناطيسية بأن نرجع بالتيار تدريجياً الى الصفر

فنجد أن هناك مغناطيسية باقية ب ل واذا استمرينا فى زيادة التيار الكهربائى من الجهة الموجبة فالقوة اللازمة لمحو المغناطيسية الباقية تساوى ب ء وبزيادة التيار الكهربائى نصل الى درجة التشبع وهى النقطة ا . وبذلك يتم تخطيط الدورة المغناطيسية لنوع الحديد المعمول عليه التجربة كما هو مبين بالرسم

الطاقة المنصرفة فى الحديد نتيجة القصور المغناطيسى

بند **٣٣** — عرفنا من بند **٢٢** ، ٢٤ أن الطاقة المدخرة داخل أى ملف كهربائى تصرف فى مقاومة أى تغيير يحدث فى خطوط القوة المتولدة . والشغل المبذول نتيجة هذه الطاقة المدخرة يتحول الى صورة كهربائية تفقد فى الملف فى صور حرارية بدليل الشرارة الكهربائية عند نقطة القطع عند قطع التيار الكهربائى وأن القوة الدافعة المستنتجة النفسية تساوى عدد الخطوط المتلاشية فى الثانية الواحدة × عدد اللفات القاطعة لها

ولكن هذه الطاقة المدخرة لها مهمة أخرى اذا كان قلب الملف مصنوعا من الحديد حيث يصرف جزء منها فى الحديد بالنسبة لمناعته الناتج عنها القصور من المغناطيسى المبين فى البند السابق والشغل المبذول فى هذه الحالة يتحول الى صورة حرارية فى الحديد نفسه وهذا هو السبب فى ارتفاع درجة حرارة القلب الحديد أثناء عمل التجارب السابقة لايجاد منحنى الدورة المغناطيسية

نستنتج من ذلك أن الطاقة المدخرة داخل الملف الحديدى لا تصرف كلها عند قطع التيار الكهربائى (كما هو الحال فى الملف الهوائى) بل جزء منها يصرف فى الحديد نتيجة القصور المغناطيسى والشغل المبذول فى هذه الحالة مفقود (حيث يتحول الى حرارة فى الحديد كما قلنا) ولا ينتفع به

لذلك من المهم جداً أن نعرف كيف نقدره لضمه الى دائرة المفاقيد فى الآلات الكهربائية المعرضة لتأثيرات القصور المغناطيسية كالدينامات والمحركات الكهربائية

تقدير الشغل المفقود فى الحديد نتيجة القصور المغناطيسى

بند ٣٤ — نفرض اسطوانة من الحديد ملفوف عليها ملف كهربائى كما بين فى شكل ٢٠ .

وأن طول الاسطوانة = ل سنتيم ، عدد اللفات بمعدل ف لكل سنتيم من طول الاسطوانة وأن س سنتيم^{2} = مساحة مقطع الاسطوانة

ونفرض أننا زدنا شدة التيار الكهربائى فى الملف بحيث أن الكثافة المغناطيسية ك زادت الى ك$_{1}$ فى الحديد فى مدة ز ثوانى

أى أن معدل الزيادة فى الثانية الواحدة للكثافة = $\frac{ك_{1} - ك}{ز}$

فالقوة الدافعة المستنتجة النفسية وهى المعاكسة لنمو التيار الكهربائى (بند ٢٤) = $\frac{ك_{1} - ك}{ز}$ × س × ف ل . والشغل المبذول ضد هذه القوة الدافعة المعاكسة وهو المسبب عن مناعة الحديد الناتج عنها القصور المغناطيسى =
(ك$_{1}$ — ك) س × ف ل × سه

بفرض أن سه = شدة التيار فى الملف بالوحدات المطلقة

ولكن قوة التيار المغناطيسية كه = $\frac{٤ ط × سه × ف ل}{ل}$

= ٤ ط × سه × ف

اذاً سه = $\frac{كه}{٤ ط × ف}$

وبالتعويض ينتج لنا أن الشغل المبذول

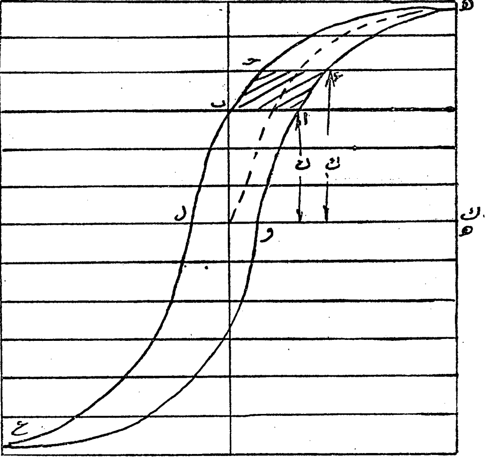
= $\frac{1}{٤ ط}$ (ك$_{1}$ — ك) س × كه × ل

وبما أن س ل = حجم الاسطوانة

اذاً الشغل المبذول $= \frac{1}{4\text{ط}}$ (ك$_1$ — ك) × ك$_\text{هـ}$ لكل سنتيمتر مكعب من الاسطوانة الحديد

ولو طبقنا هذه النتيجة على منحنى الدورة المغناطيسية للحديد نجد أنها تدلنا على أن مساحة الجزء المحصور بمنحنى الدورة أى هـ و ع ل عبارة عن الشغل المفقود فى الحديد نتيجة هذه الدورة الكاملة مضروباً فى ٤ ط

اذ لو فرضنا أن (ك$_1$ — ك) صغيرة جداً فهى تساوى تقريباً ا ء (شكل ٣٤) وعلى ذلك ا ب يساوى تقريباً ذ حـ = ك$_\text{هـ}$



(شكل ٣٤)

فمساحة الجزء المهشر على منحنى الدورة المبين يساوى تقريباً (ك$_1$ — ك) ك$_\text{هـ}$ = الشغل المبذول فى هذا الجزء × ٤ ط

فاذا اتبعنا هذه الطريقة فى تقدير الشغل المفقود فى الحديد على أى جزء من أجزاء المساحات فى المنحنى وجمعنا جميع الاجزاء المحصورة بين منحنى الدورة ثبت لنا صحة هذا التقدير

ومع ذلك فقد أثبت سيمتر العالم الانجليزى أن مفقود الدورة المغناطيسية = ن$_1$ × ك^{1,6} أرج لكل سنتيمتر مكعب من الحديد فى الدورة الواحدة وهذه النتيجة صحيحة اذا كانت قيمة الكثافة ك من ١٠٠٠ الى ١٤٠٠٠

أما العدد الثابت ن$_1$ فهو يتوقف على نوع الحديد والجدول الآتى يبين قيمته لمعادن حديدية مختلفة

نوع الحديد	العدد الثابت للقصور المغناطيسى ى
أنواع الحديد المستعملة فى المحولات الكهربائية	من ٫٠٠١٥ الى ٫٠٠٢٥
أنواع الحديد المستعملة فى عضو الاستنتاج	من ٫٠٠٢٥ الى ٫٠٠٣
حديد مطاوع ناعم	٫٠٠٣٢
حديد مسبوك مخمر	من ٫٠٠٤٥ الى ٫٠٠٨٥
صلب مخمر	٫٠٠٩
حديد رمادى مسبوك	٫٠١٥

مثال ذلك

المطلوب ايجاد فقد القصور المغناطيسى بالارج لكل سنتيمتر مكعب فى الدورة الواحدة لنوع ما من الحديد أجريت عليه تجربة وأخذت النتائج الآتية لمنحنى الدورة المغناطيسية

ك	تصاعدى كه	تنازلى كه
صفر	١٫٦	— ٢
٢	١٫٨	— ١٫٨
٤	٢٫٢	— ١٫٥
٦	٢٫٨	— ١٫٢
٨	٣٫٩	— ٫٥
٩	٤٫٧	— ٫٤
٩٫٥	٥٫٢	١
١٠	٥٫٧	٢
١٠٫٥	٦٫٣	٣٫٦
١١	٧	٧

أوجد أيضاً الفقد بالوات لكل رطل من الحديد اذا تكررت الدورة المغناطيسية ٥٠ مرة فى الثانية مع العلم أن البوصة المكعبة من الحديد تزن ٢٧٨,٠ رطل .

الحل : —

مساحة نصف الدورة (شكل ٣٥) = ٤٠,٧ مربعات

∴ مساحة كل الدورة = ٨١,٤ مربعات

المربع الواحد = ١٠٠٠ وحده

∴ مساحة منحنى الدورة المغناطيسية = ٨١٤٠٠ وحدة

∴ الفقد الناتج عن القصور المغناطيسى

= مساحة الدورة / ٤ ط ارج لكل سنتيم مكعب للدورة الواحدة

= ٨١٤٠٠ / ٤ ط = ٦٥٠٠ ارج لكل سنتيم مكعب للدورة الواحدة

= ٦٥٠٠ × ١٦,٤ × ٣,٦ × ٥٠ × ١٠ ^-٧^ = ١,٩٢ وات لكل رطل فى الثانية

(شكل ٣٥)

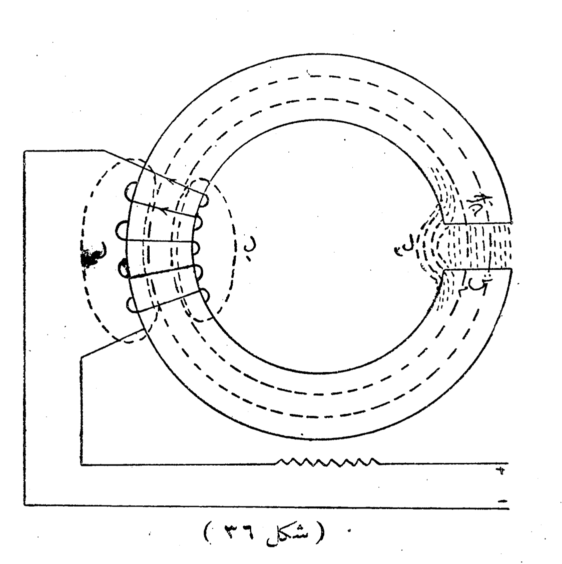
الهروب أو الانزلاق المغناطيسى

بند ٣٥ — فى الدوائر المغناطيسية كثيراً مايتغير سير الخطوط المغناطيسية فى قلب المغناطيس الكهربائى عن سيره الطبيعى

ففى المغناطيس الكهربائى المبين بالشكل ٣٦ وهو عبارة عن حلقة من الحديد

لها طرفان يتمغطسان بتأثير الامبير لفات المبينة بحيث أن أحد الطرفين يكوّن قطباً شمالياً سم والثانى قطباً جنوبياً كما هو مبين

نلاحظ أن جزءاً من خطوط القوة داخل الملف مثل ل١ يتمم دورته بدون أن يمر عن طريق الثغرة الهوائية سم حم وهذا محتمل جداً خصوصاً عند ما يقرب الحديد الى درجة التشبع فتقل قابليته



(شكل ٣٦)

(ك / كه) وعلى ذلك تزيد مقاومته لمرور خطوط القوة فيهرب جزء منها خارج الحديد

يؤخذ مما تقدم أننا لو أردنا أن نحسب الامبير لفات اللازمة لمرور تدفق مغناطيسى عدد خطوطه معلومة بين قطبى الحلقة سم ، حم مثلا فلا بد وأن ندخل فى حسابنا الجزء من الخطوط الهارب من منطقة القطبين ونضيف أمبير لفات بمقدار هذا الجزء على الامبيرات لفات اللازمة لمرور الخطوط بين القطبين اذا لم يكن هناك أى هروب منها

فاذا فرضنا أن التدفق المغناطيسى بين القطبين = ت١

وأن الجزء من التدفق الهارب خارج هذه المنطقة = ت٢ خطوط

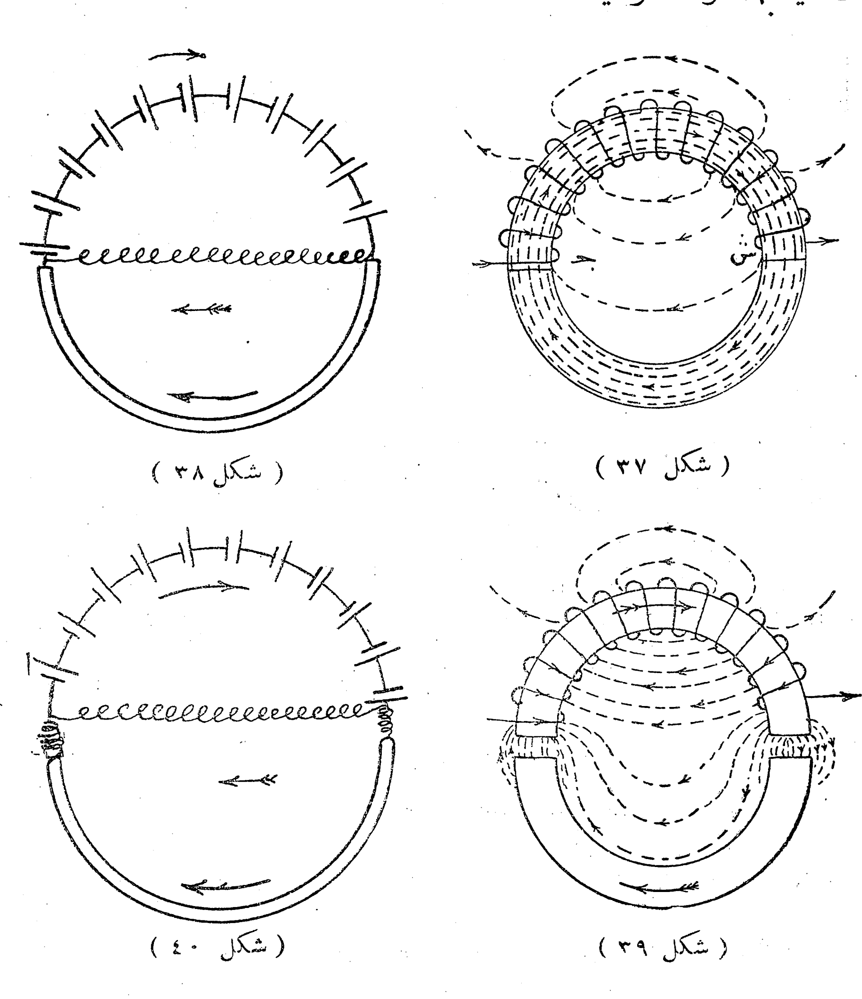
فالتدفق المغناطيسى الكلى بين القطبين = ت١ + ت٢ = ت مثلا

اذاً عدد مرات زيادة التدفق الكلى المتولد فى أى جزء من أجزاء الدائرة

الـكهربائية عن التدفق المغناطيسى المار فعلا فى هذا الجزء أى $\frac{ت}{ت_١}$ يسـمى بمعامل الهروب

والتشابه كبير بين الدوائر الـكهربائيـة المتصلة بالتوازى ببعضها والدوائر المغناطيسية المتشعبة فيهـا خطوط القوة المغناطيسية كما هو الحال فى التشابه الذى بيناه فى الدوائر المتصلة بالتوالى (شكل ٢٣ و ٢٤)

والاشكال الأربعة المرسومة تبين حلقتين من الحديد أحدهما كتلة واحدة والثانية بها ثغرتان هوائيتان



(شكل ٣٧)

(شكل ٣٨)

(شكل ٣٩)

(شكل ٤٠)

وملفوف على كل منهما ملف كهربائى وقد بينا سير خطوط القوة المغناطيسية المتولدة وتزاحمها فى الحديد وهروب جزء منها فى الوسط الهوائى ومقابل هذين الحلقتين دائرتين كهربائيتين مشابهتين تمام التشابه للدائرتين المغناطيسيتين فيما يختص بهروب جزء من التيار الكهربائى عن طريق المقاومات المبينة بالشكلين

تمارين عن البـــاب الاول

(١) المطلوب ايجاد التيار الكهربائى اللازم لتوليـد تدفق (أو فيض) مغناطيسى قيمته ٢×١٠^{٥} خط فى قلب حديد ملفوف عليـه ١٠٠٠ لفة اذا كان طول القلب ١٥٠ سم وسطح قطاعه يساوى ٢٠ سم^{٢} ومعامل نفاذه (أو قابليته) = ١٠٠٠ ومقطوع بثغرة هوائية طولها ٢ ملليمتر

(٢) اسطوانة من النحاس المجوف طولها ٢٠ سم وقطرها الداخلى ٨ سم وعمق اللفات ٤ سم

فاذا كانت شدة التيار الكهربائى فى اللفات = $\frac{١}{٢}$ أمبير وكانت قوة التيار المغناطيسية ($ك_{هـ}$) = ١٠٠ بالوحدات المغناطيسية الكهربائية فى مركز الملف فما هو عدد اللفات

(٣) اذا كان عدد اللفات الابتدائية لملف ملفوف حول اسطوانة مجوفة من الخشب = ١٠٠٠ لفة والتيـار الكهربائى فيهـا = ١ أمبير وعدد اللفات الثانوية الملفوفة حوله = ١٠٠ لفة

فاذا وصلنا الملف الثانوى بجلفانومتر بلستيكى ومقاومة قيمتها ١٠" وكان الوقت اللازم لعكس التيـــار فى الملف الابتدائى هو ٢ ثوانى وانحراف ابرة الجلفانومتر الوقتية نتيجة عكس التيار = ١٠°

فالمطلوب أولا — ايجاد التدفق المغناطيسى المتولد فى قلب اللفات الابتدائية

ثانياً — القوة الدافعة المتولدة فى اللفات الثانوية

ثالثاً — معامل الاستنتاج النفسى

رابعاً — كمية التيار المتبادلة (فى اللفات الثانوية)

خامساً — العدد الثابت لانحراف الجلفانومتر

(٤) اذا حركنا قطباً ذا عشرة وحدات حول سلك به تيار كهربائى قيمته ٥ أمبير فما هو الشغل الذى يتم عمله أثناء دورانه دورة واحدة حول السلك

(٥) اسطوانة مجوفة ملفوف عليها لفات بمعدل ٢٠ لفة لكل سنتيم من الطول وضع داخلها بكرة لفات ثانوية عددها ٦٠٠ لفة ومتوسط محيطها ٤,٧ً بحيث أن محورها موازٍ لمحور الاسطوانة ووصل طرفا البكرة بجلفانومتر بلستيكى مقاومته ١٥" مع مقاومة قيمتها ٢,٩٦٧"

فاذا كانت مقاومة اللفات الثانوية = ١٥" وشدة التيار فى اللفات الابتدائية = ٢ أمبير

واذا قطعت دائرة الملف الابتدائى فجأة فما هى كمية التيار الكهربائى التى تتولد بالتأثير المتبادل فى الجلفانومتر

الباب الثانى

الدينـــامو

الفصل الأول

نظرية الدينامو

بند **٣٦** — الدينامو آلة الغرض منها تحويل الطاقة الميكانيكية المستمدة من آلة أخرى الى طاقة كهربائية لاستعمالها فى الدوائر الكهربائية

ونظريته متوقفة على قانون فرداى (بند **٢٣**) وهو أنه اذا تحرك موصل فى ساحة مغناطيسية تولدت ق . د . ك فى الموصل بنسبة عدد الخطوط المغناطيسية المقطوعة بالموصل فى الثانية الواحدة

ويشترط عند تقدير القوة الدافعة المتولدة ثلاثة عوامل

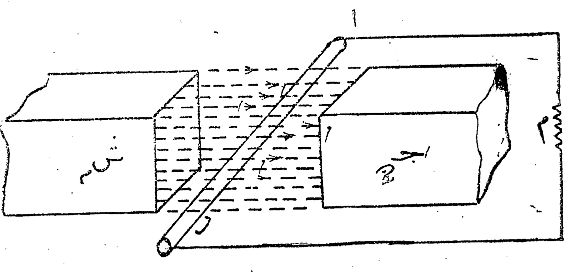
(١) الطول المأخوذ من الموصل عند تقدير القوة الدافعة هو الجزء الداخل فى منطقة الساحة المغناطيسية فقط

(٢) أن يكون هذا الجزء عمودياً على اتجاه خطوط قوة الساحة المغناطيسية واذا لم يكن كذلك فالطول المؤثر هو المركبة العمودية له

(٣) أن يكون اتجاه حركة الموصل متعـامداً على اتجـاه خطوط القوة المغناطيسية واذا لم يكن كذلك تؤخذ المركبة العمودية لحركة الموصل عند تقدير القوة الدافعة

والشكل ٤١ عبـارة عن قطبى مغناطيس وموصـل ا ء موضوع فى الساحة المغناطيسية للقطبين فالجزء ب ء من طول الموصل خارج عن منطقة خطوط القوة المغناطيسية والجزء ا ب داخل هذه المنطقة

فعند تحرك هذا الموصل من أسفل الى أعلا مثلا تتولد فيه ى . ن . ك



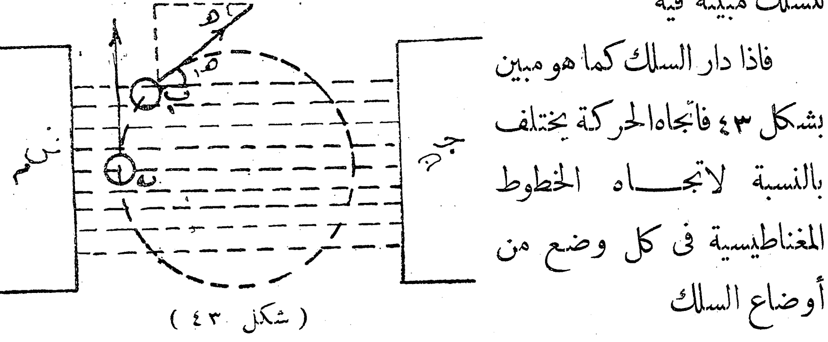
(شكل ٤١)

واذا كوّن جزءاً من دائرة خارجية (م مثلا) مرّ تيار كهربائى فى السلك نتيجة هذه القوة الدافعة المتولدة فيه

والشكل ٤٢ يبين المستوى الأفقى للشكل ٤١ فاذا كان الموصل مائلا بزاوية هـ° على اتجـاه الخطوط كما هو مبين فالطول القاطع للخطوط المغناطيسية أثناء حركة السلك عبارة عن المركبة العمودية على اتجاه الخطوط أى ا ب جا هـ

(شكل ٤٢)

والشكل ٤٣ عبارة عن المستوى الرأسى لشكل ٤١ وقطاع المركبة العمودية للسلك مبينة فيه



فاذا دار السلك كما هو مبين بشكل ٤٣ فاتجاه الحركة يختلف بالنسبة لاتجـاه الخطوط المغناطيسية فى كل وضع من أوضاع السلك

(شكل ٤٣)

بند ٣٧ — ففى الموضع ب اتجاه الحركة متعامد على اتجاه الخطوط وفى

هذا الوضع تؤخذ سرعة حركة السلك بأكملها عند تقدير القوة الدافعة المتولدة (لأن المركبة العمودية تنطبق على السرعة الكلية)

وأما فى الوضع ب$_1$ فاتجـــاه حركة السلك ليس متعامداً على الخطوط المغناطيسية فالسرعة المؤثرة = السرعة الكلية × جا هـ$_1$ بفرض أن هـ$_1$° زاوية ميل اتجاه الحركة على اتجاه خطوط القوة المغناطيسية

اتجاه التيار الكهربائى المتولد فى السلك

بند ٣٨ — الجهة التى يسير فيها التيار الكهربائى المتولد فى السلك تتوقف

(١) على اتجاه حركة السلك

(٢) على اتجاه خطوط القوة المغناطيسية

وهناك قانون عام يسمى بقانون فلمنج لمعرفة اتجاه سير التيار الكهربائى وهو — اذا وضعنا اليد اليمنى بحيث أن الابهام والسبابة والوسط تكون متعامدة على بعضها وكان امتداد الابهام فى اتجاه حركة السلك والسبابة فى اتجاه سير الخطوط المغناطيسية فاتجاه امتداد الوسط يعين اتجاه التيار الكهربائى الناشئ عن القوة الدافعة المتولدة فى السلك

تقدير القوة الدافعة المتولدة

بند ٣٩ — ليست القوة الدافعة المتولدة الا نتيجة للقانون المستنتج فى بند ١٣ وهو أنه اذا تحرك سلك موضوع فى ساحة مغناطيسية بحيث أن طوله واتجاه حركته يكونان متعامدين على اتجاه خطوط قوة الساحة فالشغل المبذول بالسلك يساوى عدد الخطوط المقطوعة مضروباً فى شدة التيار الكهربائى فى السلك

وبما أن التيار الكهربائى فى السلك متولد نتيجة تحريك السلك بضغط ميكانيكى فى الساحة المغناطيسية فالشغل الميكانيكى المبذول تتغير صورته الى طاقة كهربائية بتأثير المغناطيسية حول السلك

فلو فرضنا أن التيار المتولد فى السلك = س أمبير وأن الخطوط التى

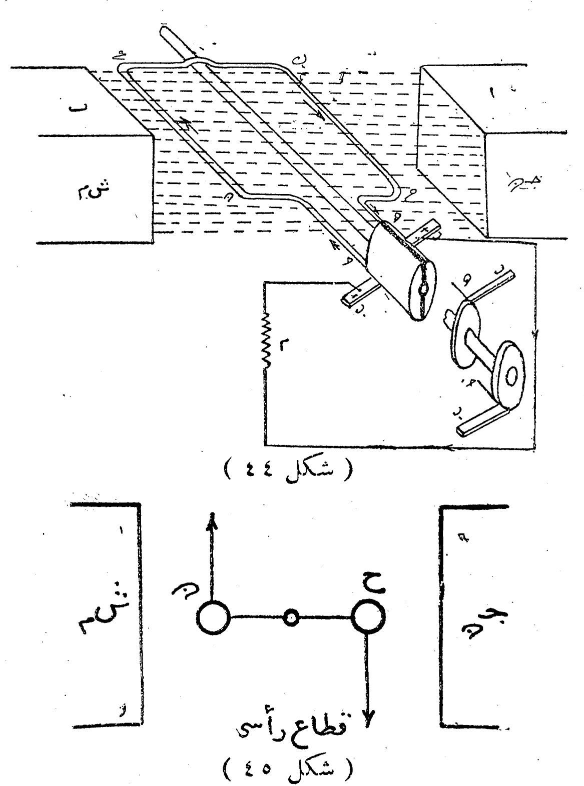
يقطعها الموصل أثناء حركته (وكان متعامداً بطوله وفى اتجاه حركته على اتجاه الخطوط) = ت فى مدة ز ثوانى . فالشغل المبذول = $\frac{\text{س}}{١٠}$ × ت أرج

والقدره = $\frac{\text{س}}{١٠}$ × $\frac{\text{ت}}{\text{ز}}$ = القوة الدافعة المتولدة × شدة التيار المتولد

= القوة الدافعة × $\frac{\text{س}}{١٠}$

∴ القوة الدافعـة المتولدة بالوحدات المطلقة = $\frac{\text{ت}}{\text{ز}}$ = عدد الخطوط المغناطيسية المقطوعة فى الثانية وهذا مما يثبت قانون فرداى

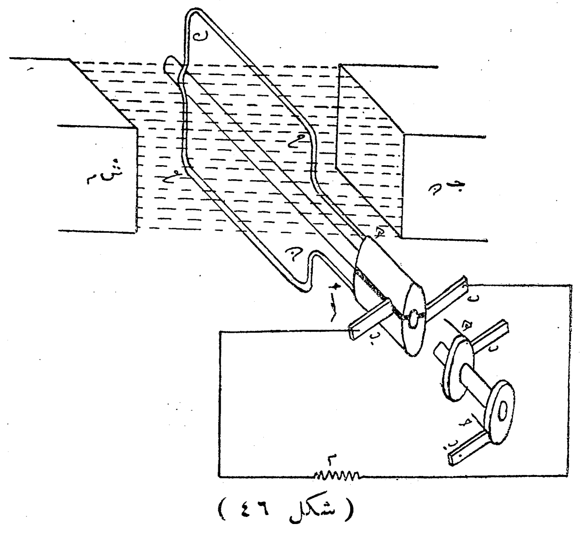
التيار الكهربائى المتولد فى الديناMو وكيفية توزيعه فى الخارج



(شكل ٤٤)

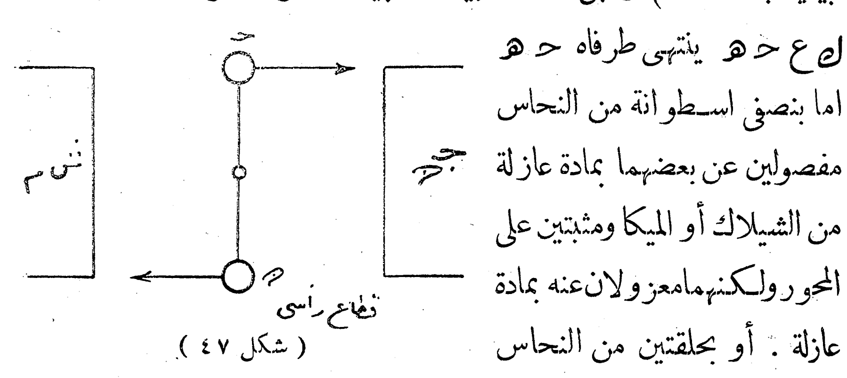
(شكل ٤٥)

بند ٤٠ — الاشكال المبينة عبارة عن قطبى مغناطيس س م ، ح م و بينهما



(شكل ٤٦)

محور يعمل زاوية قائمة مع اتجاه خطوط القوة ومحمول بطرفيه على حاملين (غير مبينين بالاشكال) وقابل للدوران بين القطبين وملفوف حول هذا المحور ملف



(شكل ٤٧)

ل ع ح هـ ينتهى طرفاه ح هـ اما بنصفى اسطوانة من النحاس مفصولين عن بعضهما بمادة عازلة من الشيلاك أو الميكا ومثبتين على المحور ولكنهما معزولان عنه بمادة عازلة . أو بحلقتين من النحاس مثبتتين حول المحور ومعزولتين عن بعضهما وعن المحور

فعنـــد ادارة هذا الملف بواسطة سير أو بطريقة مباشرة تتولد قوة دافعة كهربائية فى الملف نتيجة قطع السلكين المكونين للفة ح ع ، هـ ل لخطوط القوة المغناطيسية للقطبين أثناء الدوران

بند ٤١ — فاذا وضعنا على القطاعين النحاسيين أو الحلقتين سلكين ب ، ب١ بطريق التماس فقط ووصلناهما لدائرة خارجية م وتتبعنا سير التيار

الـكهربائى المتولد على حسب قانون فلمنج (بنـد ٣٨) وعلى حسب شكل ٤٤ حيث أحد السلـكين حـ ع المكونين للفـة يتحرك من أسفل الى أعلا والثانى ل هـ من أعلا الى أسفل لاحظنا أن التيار المتولد يمر فى السلك الاول من حـ الى ع وفى السلك الثانى من ل الى هـ أى عكس الاول و بما أن دائرة السلـكين كاملة فالتيار المتولد فى كلا السلـكين يسير كما هو مبين (شكل ٤٤) أى من ل الى هـ الى ب الى م الى حـ الى ع الى ل وهكذا

نلاحظ فى شكل ٤٤ أن مستوى اللفة واقع فى اتجاه الخطوط المغناطيسية أى أن اتجاه حركة الدوران لسلكى اللفة متعامد فى هذا الوضع على اتجاه الخطوط المغناطيسية وشكل ٤٥ يبين القطاع الرأسى لشكل ٤٤

فالملف فى حركته فى هـذا الوضع يقطع أقصى ما يمكن من الخطوط فى الثانية الواحدة (بفرض أن الـكثافة المغناطيسية متساوية على طول القطب)

أما فى شكل٤٦ حيث مستوى اللفة متعامد على الخطوط المغناطيسية فاتجاه حركة السلـكين حـ ع ، هـ ل موازية لاتجاه الخطوط المغناطيسية (شكل٤٧) فاللفة فى هـذا الوضع لا تقطع مطلقاً الخطوط المغناطيسية وعلى ذلك لا تتولد قوة دافعة فيها

بند ٤٢ — بين هذين الوضعين لمستوى اللفة (الافقى والرأسى) تتناسب القوة الدافعـــة المتولدة مع المركبة العمودية لاتجاه سرعة اللفة أى مع جيب الزاوية التى يعملها اتجاه السرعة مع اتجاه الخطوط المغناطيسية (بند٣٦) شكل٤٣

اتجاه التيار الـكهربائى فى الدائرة الخارجية

بند٤٣ — عرفنا أن التيار الـكهربائى المتولد فى السلك حـ ع بعكسه فى السلك هـ ل شكل ٤٤ (بند ٤٠) أى أن التيار متغير الاتجاه فى السلـكين فى كل دورة من دورات اللفة فى الشكل السابق ولـكن اتجاه التيار فى الدائرة الخارجية وتغيراته بالنسبة له فى اللفة متوقف على كيفية توزيعه فى هـذه الدائرة فاذا

استعملنا للتوزيع الحلقتين النحاسيتين المبينتين فى شكلى ٤٤ ، ٤٥ . فالتيار الكهربائى فى الخارج يتبع فى تغيراته التيار فى اللفة وشكل ٤٨ يبين قطاعين لسلكى لفة ع ، ى القاطعين لخطوط القوة المغناطيسية أو التدفق المغناطيسى المتشعع من القطبين س م ، ح م وتوزيع التيار فى الدائرة الخارجية بواسطة حلقتين خ هـ (وهذا الشكل هو تقريباً المستوى الرأسى لشكل ٤٤ وقد استعضنا عن القطاعين النحاسيين بالحلقتين) وسلكين ب ، ب١ فالتيار الكهربائى فى الدائرة الخارجية يتبع فى تغيراته التيار فى اللفة ع ى كما هو واضح من الشكل

(شكل ٤٨)

وتسمى الدينامواات المصممة على هذه الطريقة — أى التى يتوزع منها التيار المتولد عن طريق الحلقتين — بالدينامواات ذوات التيارات المتغيرة وليس هذا موضوع مؤلفنا ولذلك سنضرب صفحاً عن الاسترسال فى موضوع التيارات المتغيرة . —

الخط البيانى للقوة الدافعة لدائرة اللفة ى ع ح هـ (شكل ٤٤)

بند ٤٤ — لو فرضنا أن الكثافة المغناطيسية ثابتة على طول وجه القطب وتساوى ى لكل سنتيمتر مربع ، وان س ر سنتيم سرعة الدوران فى الدقيقة ، ل سنتيم طول كل من سلكى اللفة القاطع للتدفق المغناطيسى

فالقوة الدافعة المتولدة فى كل من السلكين أثناء الدوران = عدد الخطوط

المغناطيسية المقطوعة فى اتجاه متعامد فى الثانية الواحدة (قانون فرداى)

$$= ك \times ل \times \frac{س_ر}{٦٠} جا هـ$$

بفرض أن هـ تساوى الزاوية التى يعملها اتجاه حركة السلك مع اتجاه الخطوط فى الوضع المأخوذ فيه تقدير القوة الدافعة المتولدة شكل (٤٩)

وبما أن ك × ل × س ر مفروض أنها ثابتة

اذاً تتناسب القوة الدافعة المتولدة فى السلك مع جا هـ

فلو رسمنا خطاً بيانياً بين الزاوية هـ (احداثى أفقى) على أوضاع مختلفة أثناء الدوران وما يقابل لها من القوة الدافعة المتولدة فى السلك فى كل وضع (احداثى رأسى) ينتج لنا منحنى جيب الزاوية

(شكل ٤٩)

ولاجل رسم هذا المنحنى نتبع الطريقة الآتية . —

نرسم دائرة نصف قطرها يساوى (بمقياس رسم مناسب) أقصى قوة دافعة متولدة فى السلك أثناء حركته أى يساوى

(شكل ٥٠)

$$ك \times ل \times \frac{س_ر}{٦٠}$$

ثم نقسم محيط الدائرة الى جملة أقسام متساوية ونعمل على امتداد قطر الدائرة الافقى أقساماً مساوية لأقسام المحيط ليكوسن الاحداث الافقى للمنحنى فيمثل الزوايا هـ

فلو فرضنا أن كل قسم ٣٠° فعدد الاقسام على الاحداثى الافقى ليمثل دورة كاملة = ١٢ قسم باعتبار أن المحيط ٣٦٠°

ثم نسقط على الاحداثى الرأسى لكل قسم من أقسام الاحداثى الافقى ما يقابله على محيط الدائرة كما فى شكل ٥٠ فينتج لنا منحنى جيب الزاوية .

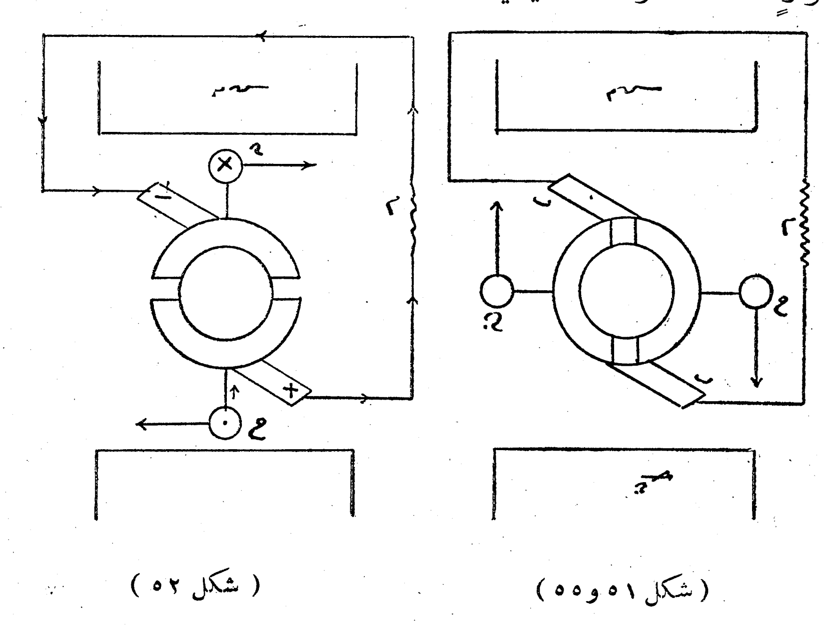
الخط البيانى للقوة الدافعة فى الدائرة الخارجية م

بند ٤٥ — يختلف هذا المنحنى عن المنحنى السابق اذا كان التوزيع عن طريق قطاعات من النحاس

والاشكال المبينة (٥١ — ٥٥) تبين أوضاعاً مختلفة للفـــة ح ى أثناء دورانها دورة واحدة

فلو رسمنا الخط البيانى للتيار فى الدائرة الخارجيـة م المستمد من اللفة عن طريق قطاعين من النحاس بدلا من الحلقتين وجدناه كالآتى

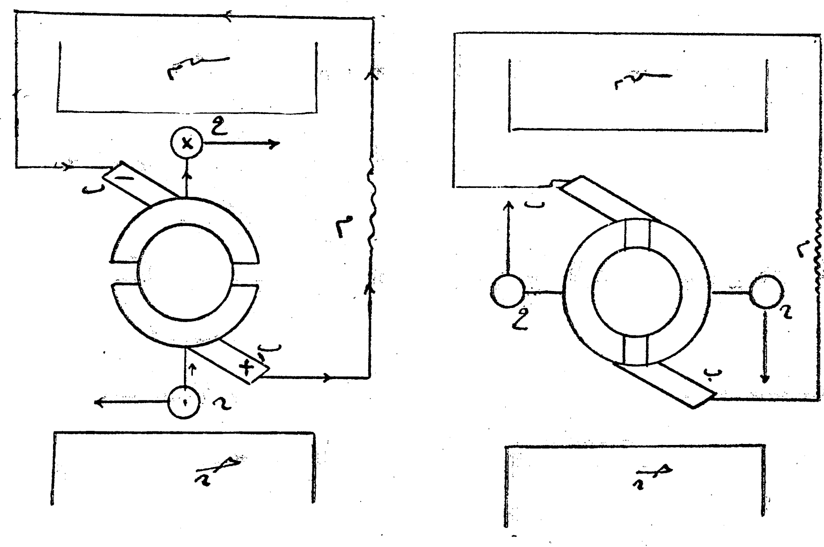
فى شكل ٥١ القوة الدافعـة المتولدة تساوى صفراً لأن اتجاه حركة اللفة موازٍ لاتجاه الخطوط المغناطيسية



(شكل ٥٢)　　　　(شكل ٥١ و ٥٥)

وفى شكل ٥٢ القوة الدافعة المتولدة أقصى ما يمكن لأن اتجاه الحركة متعامد على اتجاه الخطوط المغناطيسية

وفى شكل ٥٣ عندما يأخذ السلكان ع ، ع كل مكان الآخر فالقوة الدافعة المتولدة فيهما تساوى صفراً كالشكل ٥١



(شكل ٥٤) (شكل ٥٣)

وفى شكل ٥٤ القوة الدافعة المتولدة فى السلكين أقصى ما يمكن ولكنها بعكسها فى السلكين فى الوضع شكل ٥٢ ولكنها فى الدائرة الخارجية م لم تنعكس لأن السلكين ب ، ب١ الملامسين للقطاعين ثابتا الوضع والقطاعين مفصولان عن بعضهما بمادة عازلة

وفى شكل ٥٥ القوة الدافعة = صفراً وهو نفسه شكل ٥١ حيث تأخذ اللفة مكانها الاول بعد اتمام دورة كاملة

والمنحنى البيانى (شكل ٥٦) يبين العلاقة بين القوة الدافعة المتولدة وزاوية ميل خط السرعة على اتجاه الخطوط المغناطيسية وذلك باعتبار الدائرة الخارجية م وهو منحنى جيب الزاوية غير أن القوة الدافعة لا تنعكس بل تكون دائماً ايجابيـــة . —

وقد بينا على المنحنى الاوضاع المختلفة للفة ح ى المقابلة للقوة الدافعة المتولدة فيها على المنحنى

وبديهى أن التيار الكهربائى المار فى م يتبع فى جمع تغيراته القوة الدافعة المتولدة

مثال ذلك

(شكل ٥٦)

اذا كانت الكثافة المغناطيسية ل على وجه كل من القطبين فى شكل ٤٤ = ٨٠٠٠ خط لكل سنتيمتر مربع وطول كل من السلكين ى ع ، ح ل المكونين للفة والداخلين فى منطقة التدفق المغناطيسى = ٣٠ سنتيمتر وسرعة الدوران = ١٠ أمتار فى الدقيقة

فالمطلوب ايجاد أقصى فلت يتولد فى اللفة وكذلك الفلت المتولد على زوايا الميل ٣٠° ، ٦٠° ، ٤٥°

الحل : —

أقصى فلت يتولد فى السلك فى الوضع الذى فيه تكون زاوية ميل خط السرعة على اتجاه الخطوط = ٩٠ درجة لان جا ٩٠ أقصى ما يمكن أى = ١

اذاً القوة الدافعة = $٨٠٠٠ \times \frac{١٠٠٠}{٦٠}$ سنتيمتر × ٣٠ سنتيمتر بالوحدات المطلقة . —

وبالفلت = $\frac{٨٠٠٠ \times ١٠٠٠ \times ٣٠}{٦٠ \times ١٠^{٨}} = \frac{٢٤}{٦٠٠}$ = ٠٣٩ر فلت

وفى اللفة = ٢ × ٠٣٩ر = ٠٧٨ر فلت

والفلت المتولد على زاوية ميل ٣٠° = ٠٣٩ر × جا ٣٠ = ٠١٩٥ر فلت . وفى اللفة = ٠١٩٥ر × ٢ = ٠٣٩ر فلت

والفلت المتولد على زاوية ٦٠° = ٠٣٩ر × جا ٦٠ = ٠٣٣ر فلت

وفى اللفة = ٠٣٣ر × ٢ = ٠٦٦ر فلت

والفلت المتولد على زاوية ٤٥° = ٠٣٩ر × جا ٤٥ = ٠٢٧ر فلت

وفى اللفة = ٠٢٧ر × ٢ = ٠٥٤ر فلت

الفصل الثانى

أعضاء الدينامو الرئيسية

بند ٤٦ — أعضاء الدينامو الرئيسية موضحة بالرسومات المبدأية السابقة فالجزء الشامل للفات القاطعة لخطوط التدفق المغناطيسى أثناء دورانه مثل اللفة ء ع ل ح (شكل ٤٤ و ٤٦) يسمى بعضو الاستنتاج

والجزء الشامل للقطاعات النحاسية المتصلة بأطراف اللفات والمثبت على محور الدوران مثل القطاعين هـ و حـ يسمى بعضو التوزيع أو التوحيد

والجزء الشامل للاقطاب المغناطيسية المتشعع منها التدفق المغناطيسى مثل س م و حـ م يسمى بعضو التوليد أو عضو التنبيه

والأسلاك الملامسة لقطاعات عضو التوزيع لنقل التيار الكهربائى المتولد للدوائر الخارجية مثل ب و ب ١ تسمى بالفرش

رفع قيمة الفلت المتولد فى الدينامو

بند ٤٧ — من المسألة المحلولة فى آخر الفصل الاول يتضح لنا أن الفلت المتولد فى اللفة بسيط جداً لا يصلح فى الدوائر الكهربائية المنتشرة مثل دوائر المصابيح الكهربائية ودوائر الحركة الخ

فلرفع قيمة الفلت المتولد فى الدينامو تتبع الطرق الآتية

أولا — يجب أن نصمم عضو الاستنتاج بحيث يمكننا الاستفادة من سرعة الدوران بأكملها عند تقدير الفلت المتولد فى أى وضع من أوضاع السلك المواجه للقطب المغناطيسى أثناء الدوران . لأننا فى الحالات السابقة لا نستفيد الا من جزء من السرعة وهو المركبة العمودية على اتجاه خطوط القوة المغناطيسية الا فى وضع واحد وهو الوضع الذى يكون فيه خط السرعة متعامداً على اتجاه الخطوط فالمركبة العمودية للسرعة منطبقة على السرعة فى هذا الوضع بأكملها

ولكن يمكننا أن نجعل خط السرعة متعامداً على اتجاه خطوط التدفق المغناطيسى على طول وجه القطب وذلك بأن نعمل القلب الملفوف عليه أسلاك عضو الاستنتاج من الحديد

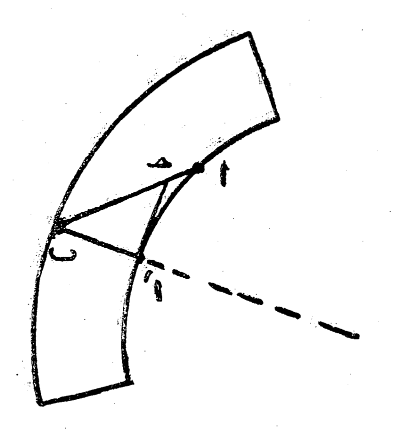
والشكل ٥٧ يبين اسطوانة من الحديد موضوعة بين قطبين مغناطيسيين ومبين فيه سير الخطوط المغناطيسية من القطب الشمالى سم الى القطب الجنوبى حم وطول الفراغ الهوائى بين سطح الاسطوانة ووجه القطب متساو

(شكل ٥٧)

على طول الوجه وذلك بجعل وجه القطب موازٍ لطول الجزء من محيط سطح الاستنتاج المقابل له . فالكثافة المغناطيسية ك فى هذه الحالة متساوية على طول وجه القطب فى هذا الفراغ

نلاحظ أن خطوط القوة المغناطيسية عند ما تخرج من وجه القطب سم لتصل الى القطب حم تتخذ أقصر طريق فى الفراغ لتدخل فى القلب الحديدى لعضو الاستنتاج لأن مقاومة الوسط لمرور الخطوط المغناطيسية تتناسب مع الطول (بند ٢٢) واقصر طريق لمرور الخطوط المغناطيسية من وجه

القطب لسطح عضو الاستنتاج هو الطريق المتعامد على هذا السطح أى المتجه نحو المركز مثل ب اَ فى شكل ٥٨ وفيه مبين جزء من وجه القطب وسطح عضو الاستنتاج الحديدى . اذ لو رسمنا من نقطة اَ مماساً لمحيط عضو الاستنتاج فهذا المماس يعمل زاوية قائمة مع ا ب ويقطع أى خط آخر مثل ب ا — مرسوم بين الوجه والسطح وفى نفس المستوى — فى جزء منه مثل

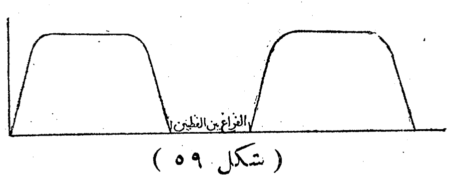


(شكل ٥٨)

ب حـ وهذا الاخير أكبر من اَ ب لأنه وتر للمثلث اَ ب حـ . وبعد أن تدخل الخطوط المغناطيسية فى قلب الاسطوانة تتقوص فى أثناء سيرها فى القلب أى تأخذ الشكل الدائرى للاسطوانة ليمر أكبر عدد ممكن من التدفق المغناطيسى فى الحديد وبنفس الطريقة تدخل الخطوط فى القطب حـ

نلاحظ مما تقدم أن اتجاه حركة محيط عضو الاستنتاج يكون دائماً متعامداً على اتجاه الخطوط المغناطيسية فى جميع النقط على المحيط المواجهة للقطب . فالقوة الدافعة المتولدة فى هـــذه الحالة تكون متساوية فى جميع أسلاك عضو الاستنتاج المواجهة للقطب أثناء الدوران ما دامت الكثافة ك ثابتة على طول أى تساوى ك × ل × س ر (لأن جا هـ = ١) بند ٤٤

وعلى ذلك ينتج لنا أن المنحنى البيانى فى شكل ٥٦ للدائرة الخارجية يصير كالمبين بشكل (٥٩)

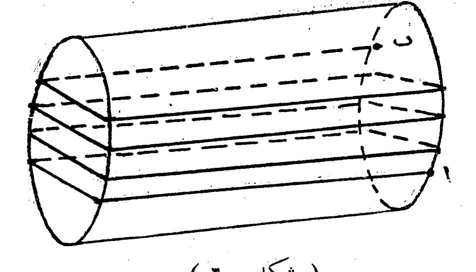


(شكل ٥٩)

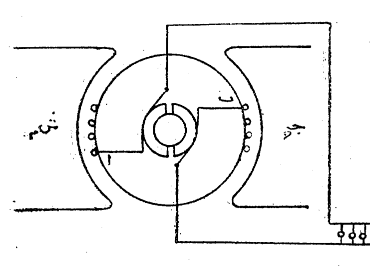
ثانياً — بدلا من استعمالى لفة واحدة كالمبينة بشكلى ٤٤ و ٤٦ يمكن أن نلف اللفة جملة مرات حول الاسطوانة الحديد (أو قلب عضو الاستنتاج) قبل أن نصل طرفيها بقطاعى عضو التوزيع

فالقوة الدافعة المتولدة فى هذه الحالة تساوى القوة الدافعة المتولدة فى كل سلك من أسلاك اللفات القاطعة للخطوط المغناطيسية مضروباً فى عدد هذه الأسلاك لأن جميع الاسلاك المواجهة للقطب الشمالى يتولد فيها قوة دافعة فى اتجاه واحد معاكس لها فى الاسلاك المواجهة للقطب الجنوبى (و يمكن اثبات ذلك بتطبيق قانون فلمنج) وعلى ذلك فجميع القوات الدافعة المتولدة فيها تساعدبعضها على دفع التيار الكهربائى للخارج

والشكل ٦٠ يبين اربع لفات ملفوفة حول اسطوانة من الحديد



(شكل ٦٠)

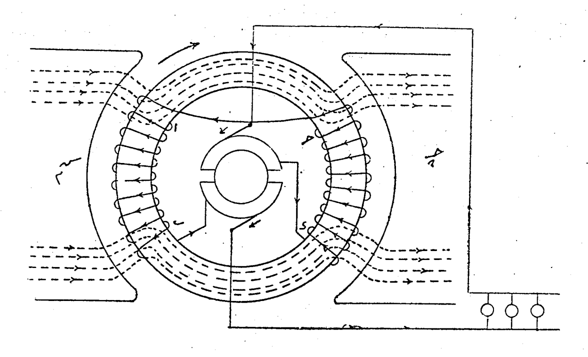


(شكل ٦١)

فاذا فرضنا أن قطباً شمالياً موضوع أمام الاسلاك المبينة بخطوط فى الرسم والقطب الجنوبى أمام الاسلاك المبينة بنقط (أى من الخلف) واذا دارت الاسطوانة فى الاتجاه المبين بالسهم نجد أننا اذا وصلنا طرفى اللفات ا ، ب بقطاعى عضو توزيع كما هو مبين بشكل ٦١ وهو المستوى الجانبى لشكل ٦٠ (وقد أهملنا رسم عضو التوزيع وكذلك الاقطاب فى شكل ٦٠ منعاً للارتباك فى تفهمه) فالتيار الكهربائى المتولد يخرج من الطرف ا مثلا وبعد أن يمر فى الدائرة الخارجية عن طريق عضو التوزيع والفرشة الموجبة يرجع عن طريق الفرشة السالبة الى الطرف ب ويمر بجميع اللفات بدافع القوة المتولدة فيها و يمكن تحقيق ذلك بتطبيق قانون فلمنج

ويمكننا أن نقرب الى ذهن الطالب فهم ذلك أكثر باستعمال عضو الاستنتاج حلقى الشكل كشكل ٦٢

وهو مكوّن من ملفين ا ب ، حـ ء كل منهما يحتوى على جملة لفات وفى



(شكل ٦٢)

الشكل الملف الاول مواجه للقطب الشمالى والثانى للقطب الجنوبى ومتصلان ببعضهما بالتوالى وملفوفان حول الحلقة بحيث لا يتعارض الفلت المتولد فى كل منهما مع الآخر.

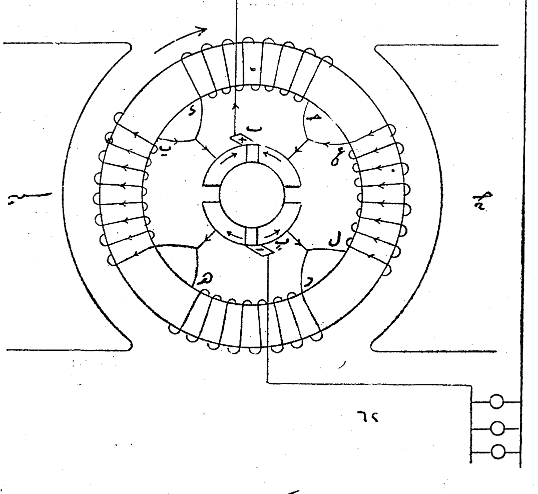
وبتطبيق قانون فلمنج لمعرفة سير التيار الكهربائى فى الأسلاك المكونة للفات على سطح الحلقة ينتج لنا سير التيار كما هو مبين واتجاه حركة الدوران مبينة بالسهم المرسوم فى الشكل

ثالثاً — عرفنا مما سبق أن الفلت المتولد باستعمال عضو توزيع مكون من قطاعين من النحاس لا ينعكس فى الدائرة الخارجية (بند ٤٥) ولكنه يهبط لصفر فى كل مرة تقع فيها اللفات فى المنطقة الخالية من الخطوط المغناطيسية وهى الفراغ بين القطبين حيث الخطوط المغناطيسية فيه معدومة تقريباً لانحرافها عنه فى اتجاه متعامد على سطح عضو الاستنتاج وسيرها فى القلب الحديدى كما سبق لنا شرح ذلك (بند ٤٧)

ولكن يمكننا أن نجعل الفلت فى مجموعه ثابتاً فى الدائرة الخارجية وذلك بأن نعدد اللفات (مثل ا ب ، حـ ى) على سطح عضو الاستنتاج ثم نزيد قطاعات عضو التوزيع بحيث أن كل طرفى ملفين يوصلان بالقطاع المقابل لهما على عضو التوزيع بالطريقة المبينة بشكل ٦٣

وهو مكون من أربع ملفات ا ب ، ى حـ ، ع ل ، و هـ وعضو توزيعه

مكوّن من أربع قطاعات كما هو واضح من الرسم فى الوضع المرسوم فيه الدينامو نلاحظ أن الملفين حـ ى ٦ و هـ بعيدان عن المنطقة المغناطيسية فلا تتولد فيهما أى قوة دافعة ولكن الملفين ا ب ٦ ل ع مواجهان للقطبين س م ٦ حـ م وعلى ذلك تتولد فى كل منهما قوة دافعة مضادة للاخرى ومساوية لها لتساوى عدد اللفات فى كليهما



(شكل ٦٣)

فاذا وصلنا طرفى الفرشتين ب ١ ٦ ب ٢ — وقد جعلنا سمك كل منهما بحيث أنها تغطى القطاعين النحاسيين الموضوعة عليهما كما فى الشكل — بدائرة مصابيح مثلا وطبقنا قانون فلمنج لمعرفة سير التيار المتولد نجد أن التيار يخرج من الفرشة ب ١ من طرفى الملفين ع ٦ ب ويرجع عن طريق الفرشة الثانية ب ٢ و يوزع بالتساوى على الملفين من الطرفين الآخرين لهما ل ٦ ا

أى أنه يمكننا أن نعتبر الملفين المتولد فيهما القوة الدافعة متصلين بالتوازى بيعضهما بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة فيهما

يتضح لنا مما تقدم أن القوة الدافعة المتولدة فى الملفين ا ب ٦ ل ع أثناء دوران عضو الاستنتاج لا تتساوى مطلقاً فى أى وضع من أوضاعها بالنسبة للاقطاب مع القوة الدافعة المتولدة فى الملفين حـ ى ٦ و هـ

ففى الوضع المبين نجد أن القوة الدافعـــة المتولدة فى الملفين حـ ى ٦ و هـ تساوى صفراً كما قلنا ولكنها تساوى أقصى ما يمكن فى الملفين ا ب ٦ ل ع وذلك لمواجهة هذين الأخيرين للاقطاب

والمنحنى البيانى للقوة الدافعة الكهربائية فى الدائرة الخارجيـة المبين فى شكل (٦٤) يدلنا على أنه كلما عددنا اللفات الملفوفة حول عضو الاستنتاج و كذلك قطاعات

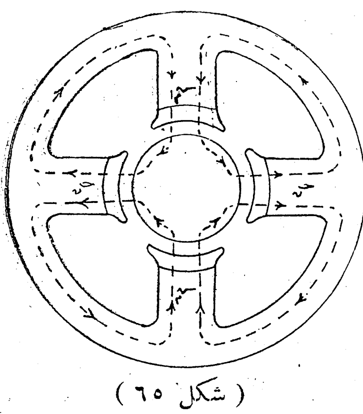
(شكل ٦٤)

عضو التوزيع كلما أمكننا زيادة الفلت المتولد وكلما كان هذا الفلت قريباً من أن يكون ثابت القيمة

رابعاً — بما أن القوة الدافعـة المتولدة حسب قانون فرداى تساوى عدد خطوط القوة المغناطيسية المقطوعة فى الثانية الواحدة الخ

اذاً كلما أكثرنا من عدد الاقطاب المواجهة لسطح عضو الاستنتاج كلما زادت القوة الدافعة المتولدة

والشكل (٦٥) يبين دينامو ذى أربعة أقطاب متتالية وقد رتبت الأقطاب بحيث أن الخطوط المغناطيسية لاتتعارض أثناء سيرها من الاقطاب الشمالية الى الاقطاب الجنوبية كما يلاحظ ذلك من الشكل



(شكل ٦٥)

ولكن عدد الاقطاب مقيد بجملة عوامل مثل محيط عضو الاستنتاج لأن زيادة عدد الاقطاب المحيطة بعضو الاستنتاج سيؤدى الى تصغير مساحة وجه كل قطب . خصوصاً وأن الفراغ بين وجه القطب وسطح عضو الاستنتاج يجب أن يكون ضيقاً جداً على قدر المستطاع حتى لا تجد خطوط القوة المغناطيسية مقاومة كبيرة فى اختراقها هذا الفراغ ويضطر الحال لزيادة أمبير لفات عضو التوليد (أو التنبيه) مما يزيد فى تكاليف التصميم وكلما صغرنا مساحة وجه القطب كلما قل التدفق المغناطيسى الناتج عن قوة دافعة مغناطيسية ! و أمبير لفات محدودة

كذلك عدد الاقطاب مقيد بالفلت اللازم توليـده من الدينامو وكذلك لفات عضو الاستنتاج وسرعة الدوران

كل هذه عوامل يجب مراعاتها فى التصميم

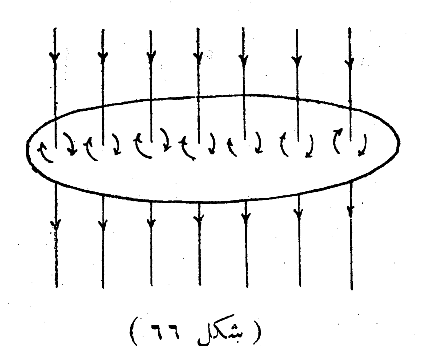
الفصل الثالث

عضو الاستنتاج . عضو التوحيد . الفرش

التيارات الاعصارية

بند ٤٨ — التيارات الاعصارية هى التى تتولد فى الألواح المعدنية عند ما تقطع بمستويها أى خطوط مساحة مغناطيسية فى اتجاه متعامد عليها

ولم تخرج نظرية هــــذه التيارات عن قانون فرداى وهو أن كل موصل يتحرك فى ساحة مغناطيسية بحيث أن طوله واتجاه حركته يكونان متعـامدين على خطوط قوة الساحة تتولد فيه قوة دافعة كهربائية. ولو كوّن الموصل جزءاً من دائرة خارجية مرّ تيار كهربائى بدافع هذه القوة المستنتجة



(شكل ٦٦)

والاشكال المرسومة تبين لنا ذلك

فشكل (٦٦) عبارة عن قرص من أى معدن مثل الاليومنيوم مثلا يدور فى ساحة مغناطيسية كالمبينة خطوطها وهى متعامدة على مستوى القرص

فعنـد دوران القرص سيقطع بمستويه خطوط القوة المغناطيسية فيتولد حول كل خط من خطوط القوة على القرص تيار كهربائى يمر بشكل دوامة حوله كما هو مبين

ويمكن أن تعتبر القرص مكوناً من جملة أسلاك دائرية تقطع أثناء دورانها

خطوط القوة المغناطيسية فيتولد فيها قوة دافعة كهربائية تسبب تياراً كهربائياً يدور فيها حول الخطوط

وقد برهنا فى بند (٣٩) أن هذه القوة الدافعة المستنتجة هى نتيجة تغيير الطاقة الميكانيكية اللازمة لتحريك القرص ضد الخطوط المغناطيسية الى طاقة كهربائية وهذه الاخيرة تصرف فى القرص فى صورة حرارية

وشكل (٦٧) عبارة عن لوح من المعدن سمكه يساوى س سم وقاطع لجملة خطوط قوة مغناطيسية (مبين قطاعها فى شكل نقط)

(شكل ٦٧)

فاذا حركنا اللوح المعدن فى اتجاه متعامد على الخطوط كالمبين بالسهم وفرضنا أن القوة الدافعة المستنتجة فى اللوح نتيجة قطعه للخطوط = ص فلت

وأن مقاومة طريق سير التيارات الاعصارية حول الخطوط = م

$$\text{فالقدرة المنصرفه فى اللوح} = \frac{ص^{٢}}{م} \text{ وات}$$

فاذا نصفنا هذا اللوح فى اتجاه موازٍ لخطوط القوة كما هو مبين بشكل ٦٨

(شكل ٦٨)

$$\text{فالقوة المتولدة الدافعة للتيارات الاعصارية حول خطوط القوة} = \frac{ص}{٢}$$

بفرض أن سرعة الحركة لم تتغير

ولكن المقاومة لمرور التيار الكهربائى الاعصارى تضاعفت = ٢ م

$$\therefore \text{ القدرة المنصرفة فى كل منهما} = \left(\frac{ص}{٢}\right)^{٢} \times \frac{١}{٢\,م}$$

ولو جزأنا اللوح الى جملة أجزاء عددها ح مثلا

فسمك كل جزء $= \frac{\text{س}}{\text{ع}}$

فالقوة الدافعة للتيارات الاعصار ية تضعف بمقدار $\frac{1}{\text{ع}}$ من قيمتها فى اللوح كله أى الذى سمكه س سم

اذاً القوة الدافعة فى كل جزء $= \frac{\text{ص}}{\text{ع}}$

والمقاومة تتضاعف بمقدار عدد الأجزاء ع = م ع

فالقدرة المنصرفة فى كل جزء $= \left(\frac{\text{ص}}{\text{ع}}\right)^2 \times \frac{1}{\text{م ع}} = \frac{\text{ص}^2}{\text{م} \times \text{ع}^3}$

والقدرة المنصرفة فى جميع الاجزاء $= \frac{\text{ص}^2}{\text{م} \times \text{ع}^3} \times \text{ع} = \frac{\text{ص}^2}{\text{م} \times \text{ع}^2}$

ولـكن قبل تجزئة اللوح كانت القدرة المنصرفة $= \frac{\text{ص}^2}{\text{م}}$

ومعنى ذلك أنه بتقسيم سمك اللوح الى أجزاء متساوية سمك كل منها $\frac{1}{\text{ع}}$ من السمك الـكلى تقل القدرة المنصرفة بنسبة $\frac{1}{\text{ع}^2}$ من القدرة قبل التقسيم

نستنتج من ذلك أن القدرة المنصرفة فى الألواح نتيجة التيارات الاعصار ية تتناسب تناسباً طردياً مع مربع سمك اللوح

وكذلك يمكننا أن نبرهن أن القدرة المنصرفة تتناسب تناسباً طردياً مع سرعة حركة اللوح أو القرص القاطع لخطوط القوة المغناطيسية لأن السرعة اذا تضاعفت فأن القوة الدافعة تتضاعف أيضاً (قانون فرداى)

وبما أن القدرة تتناسب تناسباً طردياً مع مربع الضغط اذاً تتناسب مع مربع السرعة

وهذه التيارات الاعصارية غير مرغوب فيها فى قلب عضو استنتاج الدينامو لأن الطاقة الكهربائية المنصرفة فى قلب عضو الاستنتاج فى صورة حرارية نتيجة التيارات الاعصارية هى جزء من الطاقة الكهربائية الكلية المتولدة فى الدينامو وقد كان يمكننا الانتفاع بها لولا انصرافها فى القلب

لذلك تعتبر الطاقة الكهربائية المنصرفة فى قلب عضو الاستنتاج احدى مفاقيد الدينامو وعلى ذلك يجب تلافيها بقدر المستطاع خصوصاً وأنها تسخن عضو الاستنتاج لدرجة ربما أدت لاحتراق المادة العازلة حول الاسلاك

لذلك يجزأ قلب عضو الاستنتاج الحديد الى ألواح رقيقة مستويها موازٍ لاتجاه الخطوط المغناطيسية المتشععه من عضو التوليد وسمك كل لوح منها من ٠٫٥ الى ٠٫٦ ملليمتر ومعزولة عن بعضها بمادة من الورنيش فتقل التيارات الاعصارية وعلى ذلك يقل المفقود بسببها

قلب عضو الاستنتاج

بند ٤٩ — يوجد نوعان لقلب عضو الاستنتاج

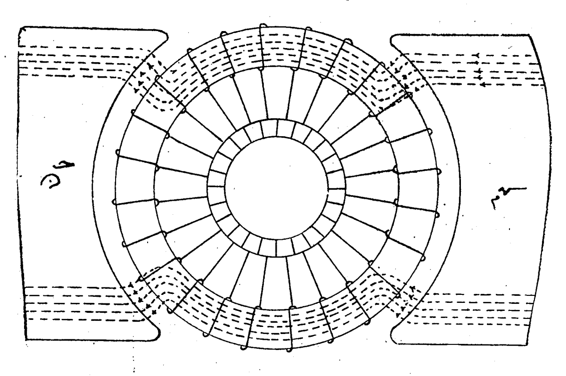
الاول — ذو شكلٍ حلقي وهو أول ما اخترع. ويسمى الدينامو الذى من هذا النوع بدينامو جرام نسبة لمخترعه

وشكل ٦٩ عبارة عن دينامو جرام وهو مكون من عضو التوليد سم ، حم وعضو استنتاجه عبارة عن حلقة من الحديد ملفوف عليها جملة لفات من سلك نحاس معزول وهذه اللفات مقفولة على نفسها كما فى الشكل

واللفات متصلة بقطاعات عضو التوحيد كما هو مبين

يلاحظ عند دوران عضو الاستنتاج أن الاسلاك القاطعة للخطوط المغناطيسية هى الملفوفة على السطح الخارجى للحلقة فقط

أما التى على السطح الداخلى فلا تقطع مطلقاً أى خطوط مغناطيسية الا ما هرب منها فى الهواء نتيجة تشبع الحلقة الحديد



(شكل ٦٩)

لذلك لا تتولد أى قوة دافعة فى الاسلاك التى على السطح الداخلى وهذا مما جعل المفكرين يبحثون على اختراع آخر لشكل عضو الاستنتاج للانتفاع بجميع الاسلاك الملفوفة حول القلب

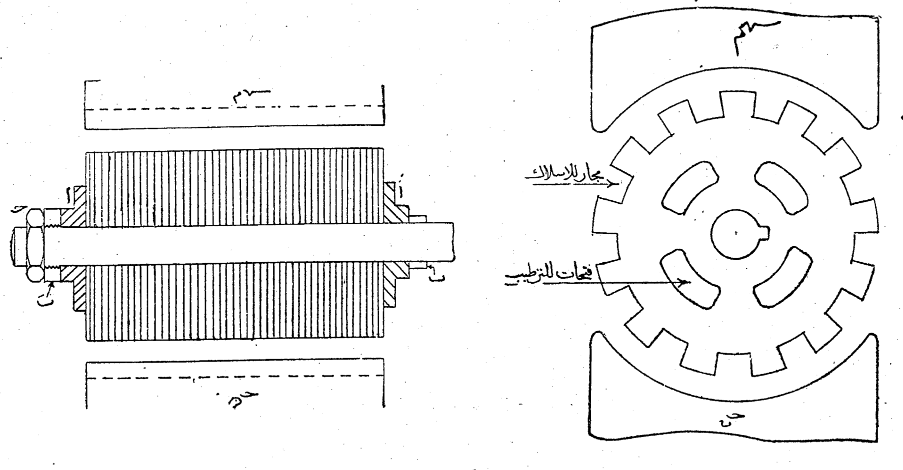
الثانى — وهو ما توصل اليه المخترعون ويسمى بعضو الاستنتاج ذى القلب الاسطوانى لان القلب عبارة عن اسطوانة من الحديد ملفوف عليها اللفات

وهذا النوع يمتاز عن الاول بأن جميع الاسلاك ملفوفة على سطح الاسطوانة ولذلك ينتفع بها كلها لانها تقطع جميعها الخطوط المغناطيسية أثناء الدوران

وعلى ذلك اذا تساوى عدد اللفات والسرعة وعدد الاقطاب والتدفق المغناطيسى فى كل قطب فى النوعين فالقوة الدافعة المتولدة فى النوع الاول تساوى نصف قيمتها فى النوع الثانى

وشكل **٧٠** يبين قلب عضو استنتاج اسطوانى موضوع بين قطبى مغناطيس وهو مكوّن من ألواح رقيقة من الحديد المطاوع المخمر أو الصلب الطرى ومستوى هذه الالواح موازٍ لاتجاه الخطوط المغناطيسية ومعزولة عن بعضها بمادة من الورنيش حتى يقل مفقود التيارات الاعصارية (بند ٤٨)

وعادة فى تصميم عضو الاستنتاج ذى القطر الصغير توضع الألواح الرقيقة



(شكل ٧٠)

على المحور مباشرة و تثبت فى موضعها بواسطة تيـــلة مثبتة على طول القلب وموضوع فى نهايتى القلب شفتان من الزهر ١ ، ١َ شكل ٧٠ والشفة ١ توضع فى المحور أولا ضد الرقبـة ب المثبتة فى المحور بطريق السبك و بعد ذلك تجمع الالواح على المحور ضد الشفة ١َ وبعد كبسها تماماً توضع الشفة الزهر الثانية ١ ثم تثبت فى موضعها بواسطة رقبـة مقلوظة بَ وهذه الاخيرة تمنع من الحركة بواسطة صامولة زنق حـ

وقد ذكرنا أن سمك اللوح يتراوح بين ٥, ، ٦, ملليمتر

قوة الشد على أسلاك عضو الاستنتاج

بند ٥٠ — القوة المتبادلة بين المغناطيسية المتولدة من التيار الكهربائى فى أسلاك عضو الاستنتاج و مغناطيسية عضو التوليد = ك × ل × $\frac{س}{١٠}$ داين لكل سلك (راجع بند ١٣)

بفرض أن ك = الكثافة المغناطيسية للتدفق المغناطيسى لعضو التوليد

و ل = طول السلك القاطع للخطوط بالسنتيمتر

و س = شدة التيار الكهربائى المتولدة فى السلك بالأمبير

وهذه القوة المتولدة تؤثر على السلك فى اتجاه مضاد لحركته مادام التيار الكهربائى فى السلك يتولد نتيجة قطع السلك لخطوط الساحة المغناطيسية كما هو الحال فى الدينامورات

لذلك يجب أن توضع أسلاك عضو الاستنتاج فى مجارٍ حتى لا تؤثر عليها قوة الشد المعرضة لها أثناء الحركة فلا تنزلق عن مكانها كما هو مبين بشكل ٧٠

مثال ذلك

اذا كان طول كل سلك من أسلاك عضو الاستنتاج القاطع للتدفق المغناطيسى = ٤٠ سنتمتر والتيار المتولد فى السلك نتيجة قطعه للخطوط = ١٠٠ أمبير فما هى قوة الشد على السلك اذا كانت الكثافة المغناطيسية = ٨٠٠٠ خط لكل سنتيم٢

الحل : —

$$\text{قوة الشد} = ٤٠ \text{ سنتمتر} \times ٨٠٠٠ \text{ خط} \times \frac{١٠٠ \text{ أمبير}}{١٠} \text{ داين}$$

$$= ٣٢٠٠٠٠٠ \text{ داين}$$

$$= \frac{٣٢٠٠٠٠٠}{٩٨١ \times ١٠٠٠} = ٣٫٢ \text{ كيلوجرام}$$

تقدير القوة الدافعة المتولدة فى الدينامو

بند ٥١ — نفرض أن ت = التدفق المغناطيسى المتشعع من كل قطب من أقطاب دينامو

و ى = عدد دورات عضو الاستنتاج فى الدقيقة

و ف = عدد اللفات على عضو الاستنتاج

، $ز_١$ = عدد أزواج أقطاب عضو التوليد

، ع = عدد دوائر أسلاك عضو الاستنتاج المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة (الفصل الرابع من هذا الباب)

و بما أن القوة الدافعة المتولدة فى كل سلك من أسلاك عضو الاستنتاج أثناء دوران هذا الاخير = عدد الخطوط المغناطيسية المقطوعة بالسلك فى الثانيـة الواحدة (قانون فرداى)

اذاً القوة الدافعـة المتولدة فى كل سلك أثناء دورانه $\frac{\text{ء}}{\text{٦٠}}$ دورات فى الثانية الواحدة = التدفق المغناطيسى الكلى المقطوع بالسلك فى الثانية

والتدفق المغناطيسى الكلى المقطوع بالسلك عند دورانه دورة واحدة

= التدفق المغناطيسى المتشعع من كل قطب × عدد الأقطاب

= ت × ٢ $ز_١$ (لأن عدد الاقطاب = ضعف عدد الازواج)

اذاً التدفق المقطوع بالسلك فى الثانية الواحدة = التدفق المقطوع فى الدورة الواحدة × عدد الدورات فى الثانية

= ت × ٢ $ز_١$ × $\frac{\text{ء}}{\text{٦٠}}$ = القوة الدافعة المتولدة بالوحدات المطلقة فى السلك الواحد = $\frac{\text{ت} \times \text{٢ ز}}{\text{١٠}^{\text{٨}}} \times \frac{\text{ء}}{\text{٦٠}}$ فلت فى السلك الواحد

وبمـا أن كل لفـة من لفات عضو الاستنتاج تحتوى على سلـكين قاطعين للتدفق المغناطيسى

اذاً عدد الاسلاك = ضعف عدد اللفات = ٢ ف

ولـكن عدد مجموعات الاسلاك المتصله بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة = ع .

وعنـد حساب القوة الدافعة المؤثرة فى الدوائر الخارجية يجب أن نحسب ما يتولد فى مجموعة واحدة كما هو الحال فى البطاريات المتصلة بالتوازى ببعضها

و بما أن عدد الاسلاك فى كل مجموعة $= \dfrac{\text{٢ ف}}{\text{ح}}$

اذاً القوة الدافعة المتولدة $= \text{ت} \times \text{٢ ز}_{\text{١}} \times \dfrac{\text{ى}}{\text{٦٠}} \times \text{١٠}^{-\text{٨}} \times \dfrac{\text{٢ف}}{\text{ح}}$ فلت

مثال ذلك

اذا كانت القوة الدافعة الكهربائية اللازم توليدها فى عضو استنتاج دينامو ذى ثمانيـة أقطاب هى **٥٥٠** فلت وعدد الدورات فى الدقيقة = **٢٤٠** دورة فما هو التدفق المغناطيسى فى كل قطب اذا كان عدد مجارى عضو الاستنتاج الموضوع فيهـا الاسلاك = **٢٧٢** مجرى وعدد الاسلاك فى كل مجرى = ٦ وكان عدد مجموعات الاسلاك المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة = **٨**

الحل :

عدد الاسلاك الكلية = **٢٧٢** × ٦ = **١٦٣٢** سلك

عدد الاسلاك فى كل مجموعة $\left(\dfrac{\text{٢ف}}{\text{ح}}\right) = \dfrac{\text{١٦٣٢}}{\text{٨}} = \text{٢٠٤}$ سلك

$\text{٥٥٠ فلت} = \text{ت} \times \text{٨ أقطاب} \times \dfrac{\text{٢٤٠ دورة}}{\text{٦٠}} \times \text{١٠}^{-\text{٨}} \times \text{٢٠٤ سلك}$

اذاً $\text{ت} = \dfrac{\text{٥٥٠} \times \text{٦٠} \times \text{١٠}^{\text{٨}}}{\text{٨} \times \text{٢٤٠} \times \text{٢٠٤}} = \text{٨٤٠٠٠٠٠} = \text{٨,٤} \times \text{١٠}^{\text{٦}}$ خطوط

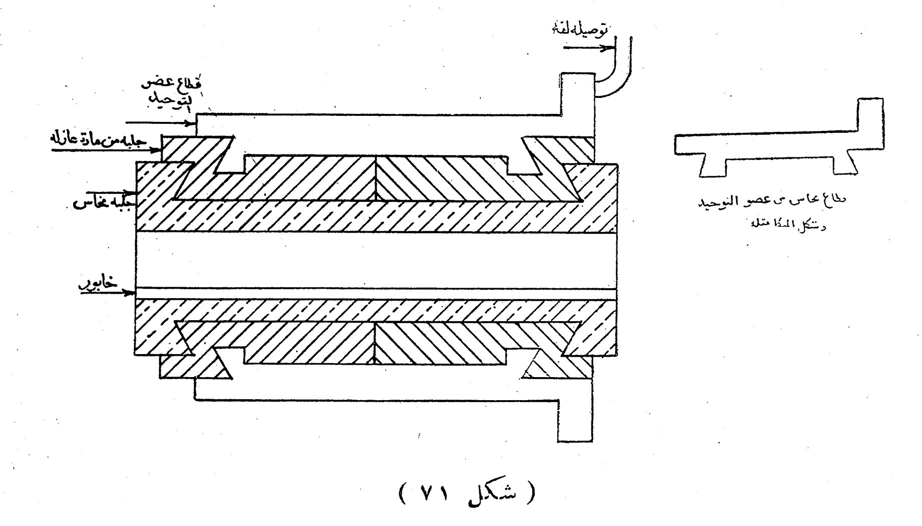
= ٨,٤ ميجا خط (لان ميجا معناها مليون)

عضو التوحيد

بند **٥٢** — مركب من قطاعات من النحاس معزولة عن بعضها بمادة عازلة وهى الميكا وأيضاً معزولة عن الجلبة التى على محور الدوران بجلبة أخرى من مادة عازلة مثل الخشب كما هو مبين بشكل ٧١

وقطر عضو التوزيع لا يقل عن ثلاثة أرباع قطر عضو الاستنتاج

وعرض كل قطاع يتراوح بين ٢ر″ الى ٣ر″ مضافاً اليه سمك الميكا العازلة بقدر ٠٣ر٠″



(شكل ٧١)

الفرش

بند **٥٣** — كانت الفرش المستعملة فى الوقت الغابر تصنع من النحاس بشكل شبكى أو بشكل صفائح رقيقة مضغوطة ببعضها

ولكن ظهر أن هناك نقصاً كبيراً فى استعمال هذه الفرش . أولا لان قطاعات نحاس عضو التوزيع لا تتحمل من الوجهة الميكانيكية الاحتكاك الحاصل عليها من الفرش النحاسية بل لوحظ أنها تتآكل بسرعة ولذلك توجد

صعوبة كبيرة فى حفظ قطاعات عضو التوحيد سليمة من تأثير الشرر الحاصل بين سطحى الفرشة والقطاعات المغطاة بهـا لوجود ثغرات هوائية بينهما نتيجة هذا التآكل

وثانياً لأن المقاومة لمرور التيار الكهربائى بين السطحين المتلامسين من الفرشة النحاسية وقطاعات عضو التوحيد صغيرة جداً . وهذا مما يؤدى لزيادة الشرر بين السطحين أثناء توزيع التيار الكهربائى فى الخارج لأسباب مذكورة فى الفصل الثانى من الباب الرابع . لذلك تصنع الفرش الآن من الكتل الناشفة المكوّنة من الكربون الممزوج بالجرافيت لأنها تكوّن مادة زيتية على سطح عضو التوحيد يمنع أى تآكل . ولو أن تلك المادة تستلزم عناية خاصة لازالتها بالصنفرة بواسطة العامل المنوط بذلك أثناء الشغل . ولذلك فزيادة مقاومة الكربون عن النحاس يساعد على منع الشرر بين السطحين المتلامسين

ولكن فى الديناموات المستمدة حركتها من التربينات تستعمل عادة فرش مكوّنة من سبائك معدنية داخلها النحاس

وكثيراً ما تستعمل أيضاً هذه الفرش مع الفرش الكربونية فى وقت واحد وقد لوحظ أن ارتفاع مقاومة احتكاك الفرش الكربونية على قطاعات عضو التوحيد يسبب فقداً كبيراً فى الديناموات ذات السرعة المحيطية الكبيرة لعضو التوحيد . أى التى تتعدى ١٥ متراً فى الثانية

لذلك تبخر الكتل الكربونية بالشمع البرافينى لا ستعمالها فى ذلك .

حامل الفرش

بند ٥٤ — يصمم حامل الفرش بحيث أن الفرشة تلامس تلامساً تاماً سطح عضو التوحيد . وهذا التلامس يجب أن يكون بطريقة زنبلكية حتى اذا تآكل جزء من سطح الفرشة الملامس للقطاعات لا يترك فراغاً بينه وبين هذه القطاعات

وذلك بتأثير الزنبلك . كذلك يجب تصميم حامل الفرشة بحيث أنه يكون قابلا للحركة اذا أريد تقديم أو تأخير الفرش على سطح عضو التوحيد فى ناحية الدوران أو عكسها طبقاً للاسباب المبينة فى الفصل الثانى من الباب الرابع

(شكل ٧٢)

والشكل ٧٢ يبين حامل فرش بسيط وهو مخصص للفرش الكربونية

المقاومة والكثافة فى الفرشة

بند ٥٥ — المقاومة بين الفرشة وقطاعات عضو التوحيد تتراوح بين ٠٠٠٧٨ر" ، ٠٠٢٣ر" اذا كانت نحاسية و بين ٠٢٣ر" ، ٠٣٨ر" اذا كانت كربونية وكثافة التيار الكهربائى فى الفرشة تتراوح بين ١٣٠ ، ٢٠٠ أمبير لكل بوصة مربعة من سطح الفرشة الملامس للقطاعات . اذا كانت الفرشة نحاسية . و بين ٣٠ ، ٤٠ أمبير اذا كانت كربونية

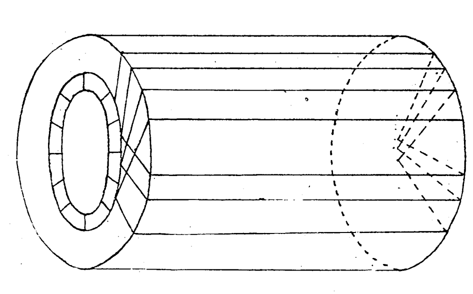
الفصل الرابع

طرق لف اعضاء استنتاج الديناموات

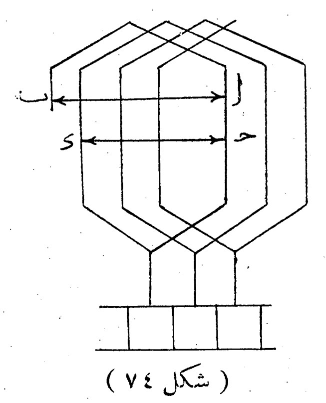
بند **٥٦** — للف أسلاك عضو الاستنتاج طريقتان رئيسيتان : —

الطريقة الأولى — تسمى بالطريقة الانطباقية وهى أن نبدأ باللف بحيث اذا ابتدأنا بقطاع من قطاعات عضو التوزيع ومررنا على عدد من المجارى نرجع الى المجرى المجاورة للمجرى الأولى كما فى شكل **٧٣**

وهو يبين لف جزء من الاسلاك حول



(شكل ٧٣)



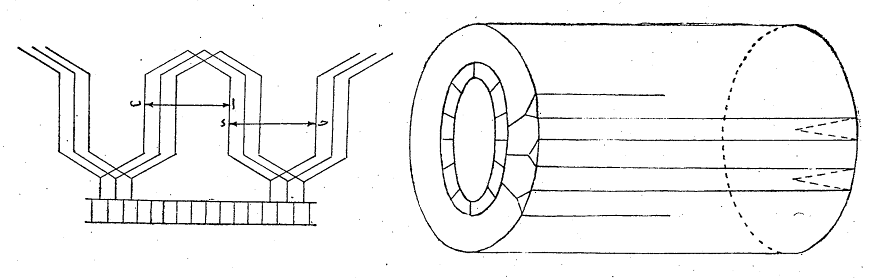
(شكل ٧٤)

عضو الاستنتاج الاسطوانى (ولم نبين بالرسم المجارى الموضوعة فيها الاسلاك) وكيفية اتصالها بقطاعات عضو التوحيد . وشكل **٧٤** يبين الشكل الانفرادى لشكل **٧٣**

الطريقة الثانية — تسمى بالطريقة الانفرادية أو التموجية وهى أن نصل الاسلاك ببعضها بحيث اذا ابتدأنا فى اللف من احدى المجارى ومررنا على عدد من المجارى لا نرجع باللف بل نمر على مجرى آخر فى نفس الاتجاه الأول كما فى شكل **٧٥** ، **٧٦**

الخطوة — هى المسافة بين وصلتى كل سلكين على عضو الاستنتاج يتكون منهما لفة واحدة

ويعبر عنها بعدد الاسلاك المتفرعة فى قلب اللفة



(شكل ٧٦) (شكل ٧٥)

ففى اللفات الانطبقاية (شكل ٧٤) ا ب عبارة عن الخطوط الخلفية لأن وضعها فى خلف الاسطواة . وعلى حسب الرسم تحتوى على أربعة أسلاك ، حـ ء (فى نفس الشكل) عبارة عن الخطوة الأمامية لأن وضعها من الامام حيث تتصل كل لفة منها بقطاع من قطاعات عضو التوحيد وتحتوى على حسب الرسم على ثلاثة أسلاك

وكذلك فى شكل ٧٦ ا ب عبارة عن الخطوة الخلفية وتحتوى حسب الرسم على ثلاثة أسلاك ، حـ ء الخطوة الامامية وتساوى حسب الرسم الخطوة الخلفية أى تحتوى على ثلاثة أسلاك أيضاً

ويشترط عند لف عضو الاستنتاج

أولا — أن لا تتعارض الأسلاك مع بعضها أثناء اللف

ثانياً — أن تقفل اللفات على نفسها بعد ملء جميع المجارى على سطح عضو الاستنتاج بها وليس قبل ذلك

وللوصول لهذين الشرطين يجب اتباع القوانين الآتية

قانون اللف الانطباقى

بند **٥٧** — نفرض أن $\frac{\text{عدد المجارى}}{\text{عدد الاقطاب}}$ = و ويعبر عنه بمتوسط الخطوة

و يشترط فى متوسط الخطوة أن تكون زوجية

لذلك يجب أن نختار عدد الاسلاك بحيث تنتهى بهذه النتيجة

الخطوة الامامية = و ± ١ }
الخطوة الخلفية = و ∓ ١ } أى أن الخطوتين يجب أن يكونا فرديتين

اذا اتبعنا هذا القانون أمكننا لف عضو استنتاج دينامو بالطريقة الانطباقية بالشروط السابقة (بند ٥٦)

مثال ذلك — المطلوب لف عضو استنتاج دينامو ذى أربعة أقطاب بطريقة اللف الانطباقى اذا كان عدد المجارى ٢٤ وكذلك عدد الاسلاك وعدد قطاعات التوحيد ١٢

الحل

متوسط الخطوة = عدد المجارى / عدد الاقطاب = ٢٤ / ٤ = ٦

الخطوة الامامية = ٦ ± ١ = ٧ أو ٥

الخطوة الخلفية = ٦ ∓ ١ = ٥ أو ٧

اذاً توجد طريقتان لحل هذه المسألة

(١) أن تكون الامامية ٧ والخلفية ٥

(٢) أن تكون الامامية ٥ والخلفية ٧

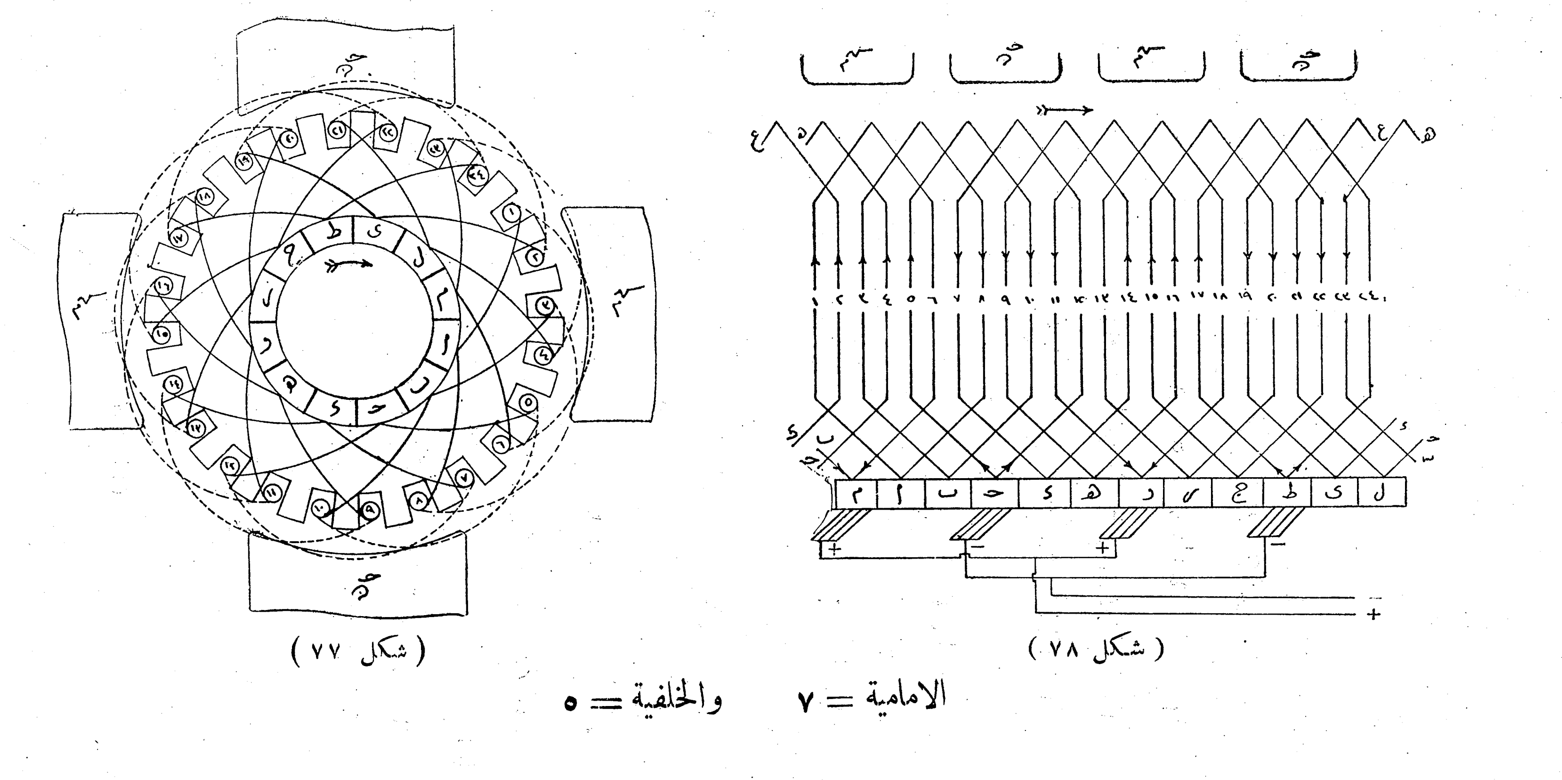
ولأجل لف عضو الاستنتاج نضع كل سلك فى مجرى ونرتب المجارى بحيث اذا اعتبرنا احداها نمرة ١ نكتب على الباقين نمرهم حسب هذا الترتيب الى أن نصل لآخر مجرى وهو ٢٤ فى هذه المسألة

والجدول الآتى يبين كيفية التوصيل بالطريقة الثانية . والشكل ٧٧ و ٧٨ يبينان كيفية اللف حسب هذا الجدول . والثانى عبارة عن انفراد الاول

الامامية = ٧	الخلفية = ٥	الامامية = ٧	الخلفية = ٥
١ — ٨	٨ — ٣	١٣ — ٢٠	٢٠ — ١٥
٣ — ١٠	١٠ — ٥	١٥ — ٢٢	٢٢ — ١٧
٥ — ١٢	١٢ — ٧	١٧ — ٢٤	٢٤ — ١٩
٧ — ١٤	١٤ — ٩	١٩ — ٢	٢ — ٢١
٩ — ١٦	١٦ — ١١	٢١ — ٤	٤ — ٢٣
١١ — ١٨	١٨ — ١٣	٢٣ — ٦	٦ — ١

ملحوظة — اذا جعلنا مقدار الخطوتين — الامامية والخلفية — فى المثل السابق زوجيتين بدلا من فرديتين مثل ٤ و ٨ نجد أننا نصل الى المجرى ٩ مرتين فى حين أنه توجد مجارٍ كثيرة لم يمر بها الملف فعلى ذلك يعتبر اللف غير صحيح لعدم استيفاء الشرط الثانى من بند ٥٦

لذلك يجب أن تكون كل من الخطوتين فرديتين



(شكل ٧٧)

(شكل ٧٨)

الامامية = ٧ والخلفية = ٥

قانون اللف التموجي

بند ٥٨ — متوسط الخطوة فى اللفات التموجية $=$ (عدد المجارى $\pm$ ٢) / (عدد الاقطاب) $=$ و

يجب أن تكون كل من الخطوة الامامية والخلفية فردية

فاذا كان متوسط الخطوة و . فردية كانت الامامية $=$ الخلفية $=$ متوسط الخطوة .

واذا كان متوسط الخطوة و . زوجية

فالامامية $=$ و $\pm$ ١ والخلفية $=$ و $\mp$ ١

مثال ذلك

انفرض أن عدد المجارى ٢٢ وفى كل مجرى سلك واحد وأن عدد الاقطاب $=$ ٤

الحل :

متوسط الخطوة $=$ (٢٢ $\pm$ ٢) / ٤ $=$ ٦ أو ٥

فاذا أخذنا العدد الفردى كانت الخطوة الامامية $=$ ٥ والخلفية $=$ ٥

والا كانت الامامية $=$ ٦ $\pm$ ١ $=$ ٧ أو ٥

والخلفية $=$ ٦ $\mp$ ١ $=$ ٥ أو ٧

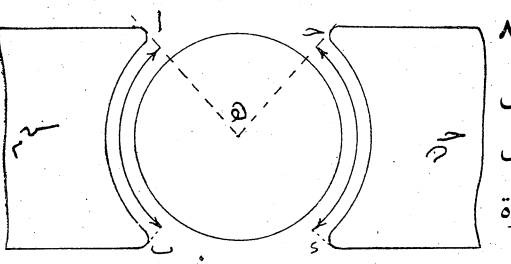
والشكلان ٧٩ و ٨٠ يبينان طريقة اللف حسب الجدول الآتى والثانى منهما عبارة عن انفراد الاول

والجدول الآتى يبين مقدار الخطوات باعتبار الامامية ٥ والخلفية ٥

الخلفية = ٥	الامامية = ٥	الخلفية = ٥	الامامية = ٥
١ — ٦	٦ — ١١	١٧—٢٢	٢٢—٥
١١—١٦	١٦—٢١	٥ — ١٠	١٠—١٥
٢١—٤	٤ — ٩	١٥—٢٠	٢٠—٣
٩ — ١٤	١٤—١٩	٣ — ٨	٨ — ١٣
١٩—٢	٢ — ٧	١٣—١٨	١٨—١
٧ — ١٢	١٢—١٧		

القرص القطبي والخطوة القطبية

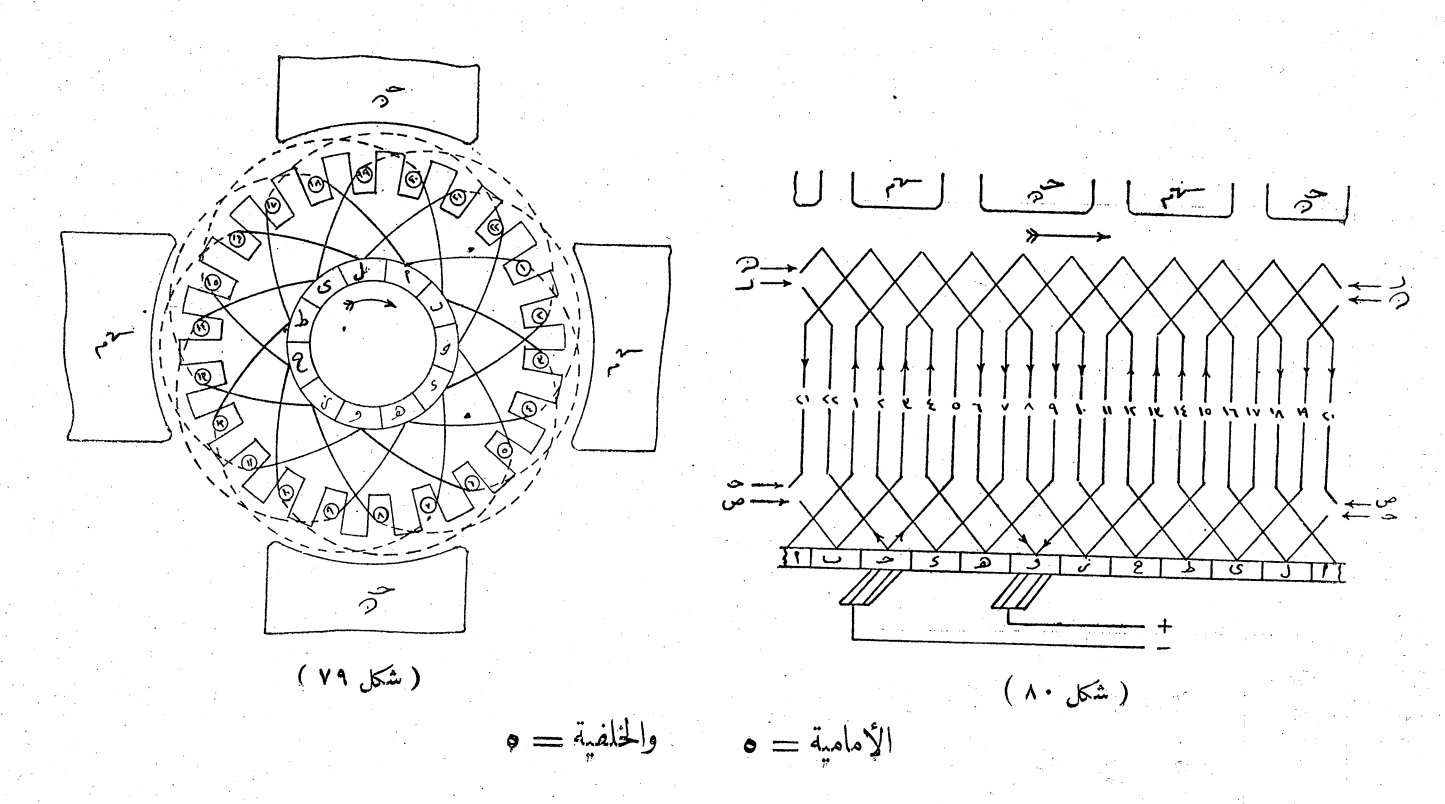
بند ٥٩ — القرص القطبي عبارة عن طول وجه القطب الموازى لمحيط عضو الاستنتاج مثل ا ب ى ح و شكل ٨١ ويعبر عن طول القوس القطبي ب ا مضافاً اليه طول الفراغ بين القطبين ا ح بالخطوة القطبية أى تساوى ب ح



(شكل ٨١)

وقد سبق أن عرفنا أن الاسلاك المواجهة للفراغ ح ا أى المحصورة بين الزاوية ه — وهى المنطقة الخاليـــة من خطوط القوة المغناطيسية — لا تتولد فيها قوة دافعة

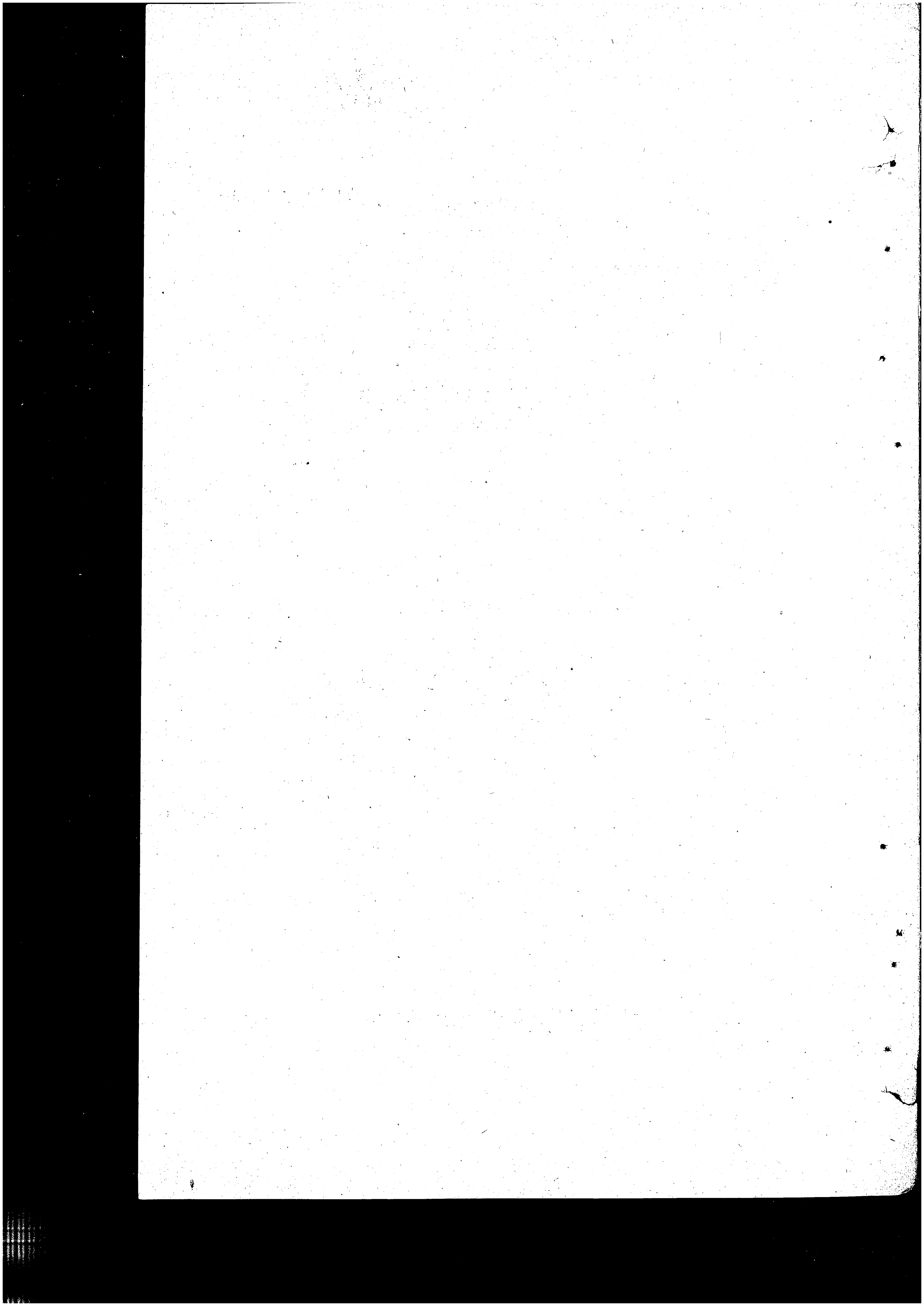
أى أن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع أسـلاك عضو الاستنتاج المواجهة للاقطاب . أى أنها تتناسب مع اتساع وجه القطب . اذ كلما كان وجه القطب

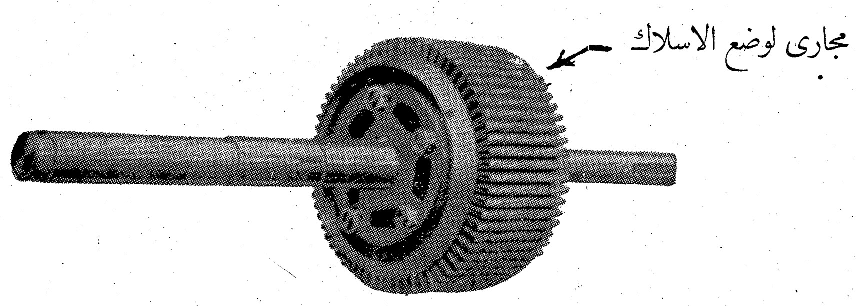


(شكل ٧٩)

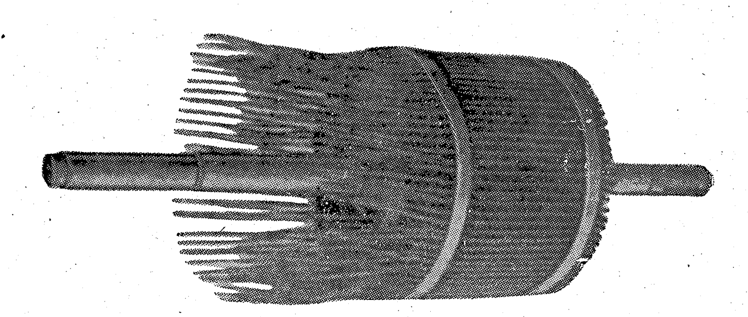
(شكل ٨٠)

الأمامية = ٥   والخلفية = ٥

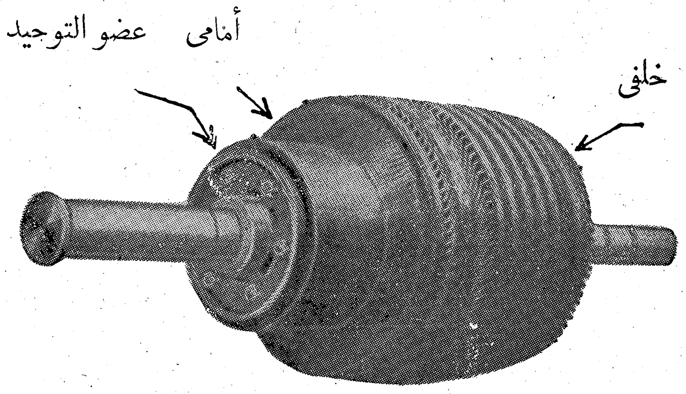




قلب عضو الاستنتاج قبل وضع الاسلاك



قلب عضو الاستنتاج بعد وضع الاسلاك



عضوا الاستنتاج والتوحيد بما فيهما اللفات

عريضاً كلما كانت الاسلاك المواجه له كثيرة

وقد وجد المصممون للدينامولت أن أنسب نسبة بين القوس القطبي والخطوة القطبية هى من ٦٥ ٪ الى ٧٥ ٪

أى أن القوس القطبي يجب أن لا يقل عن ٦٥ ٪ ولا يزيد عن ٧٥ ٪ من الخطوة القطبية

عدد الدوائر فى اللفات الانطباقية

بند ٦٠ — لتعيين عدد الدوائر فى اللفات الانطباقية . أى عدد المجموعات من أسلاك عضو الاستنتاج المتصلة بالتوازى ببعضها بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة فيها والمرموز لها فى بند ٥١ بالحرف ح نتبع الطريقة الآتية

يجب أن نعرف اتجاه حركة الدينامو ثم بواسطة قانون فلمنج نعين اتجاه القوة الدافعة المتولدة فى الاسلاك المواجهة لكل قطب من أقطاب عضو التوليد

ففى الشكل ٧٨ — الذى يبين انفراد الدينامو بجميع أعضائه — نجد أن اتجاه القوة الدافعة المتولدة فى الأسلاك المواجهة للقطب الشمالى من أسفل الى أعلا وهى بعكس القوة الدافعة المتولدة فى الاسلاك المواجهة للقطب الجنوبى

فاذا تتبعنا سير التيار الكهربائى من السلك نمرة ٥ من جهة اليسار نجد أن التيار يسير فى اللفات بالتوالى من ٥ الى ١٠ الى ٣ لغاية السلك نمرة ٦ فى منطقة الحياد حيث لا يتولد فيه تيار كهربائى بل يستمد التيار الكهربائى من اللفات السابقة

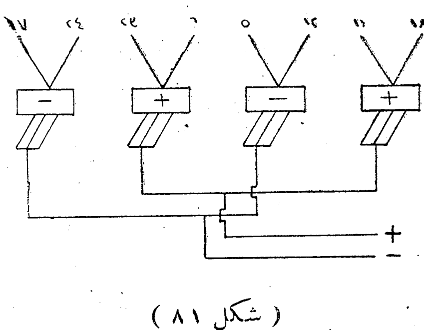
وهذا التيار معاكس للتيار الكهربائى فى السلك نمرة ١٢

وجميع اللفات المتصلة بهذا السلك من جهة اليسار يمر فيها التيار بالتوالى لغاية السلك نمرة ١١ الواقع فى منطقة حياد أخرى

اذاً مجموعتا اللفات من نمرة ٥ الى ٦ و من نمرة ١٢ الى ١١ يمكن أن نعتبرهما متصلتين بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة فيهما

وباتباعنا هذه الطريقة لمعرفة عدد الدوائر أو المجموعات المتصلة بالتوازى نجد أن عددها بمقدار عدد المنـــاطق المحايدة أى عدد الأقطاب المكون منها عضو التوليد

وشكل ٨١ يبين القطاعين الموجبين والقطاعين السالبين للمسألة السابقة وكيفية وضع الفرش وتوصيلها ببعضها حتى يتسنى لنا الانتفاع بالتيار الكهربائى من جميع المجموعات



(شكل ٨١)

فالوصلات الموجبة هى نمرة ١٨ و ١١ و ٦ و ٦ و ٢٣

والسالبة نمرة ١٢ و ٥ و ٢٤ و ١٧

ويمكن أن نمثل الاسلاك المتصلة بالتوازى ببعضها بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة وكذلك المجموعات المتصلة بالتوازى فى اللفات الانطباقية فى المثل السابق — الذى عدد أسلاكه ٢٤ سلكا وعدد أقطاب عضو توليده ٤ — بأربعة وعشرين عموداً كهربائياً مرتبة بشكل دائرى ومقسمة الى أربعـة مجموعات بالتوازى ببعضها بحيث أن كل مجموعة منها مكونة من ستة أعمدة متصلة بالتوالى كما فى شكل ٨٢

فالقوة الدافعة الكهربائية للبطارية — باعتبار أن كل عمود ٢ فلت —

$$= \frac{\text{عدد الاعمدة الكلية} \times \text{القوة الدافعة لكل عمود}}{\text{عدد المجموعات المتصلة بالتوازى ع}}$$

$$= \frac{٢٤ \times ٢}{٤} = ١٢ \text{ فلت}$$

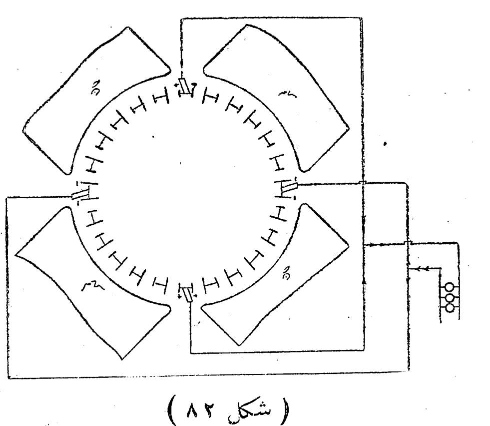
اى = القوة الدافعـة لمجموعة واحدة أى لســـتة أعمدة فقط وهذا مطابق تماماً لما هو حاصل فى اللفات الانطباقية اذ أن القوة الدافعـة المتولدة

تساوى القوة الدافعة فى ستة أسلاك فقط

فاذا فرضنا دينامو عدد أقطابه ٨ وعدد أسلاك عضو استنتاجه ٢٤٨ سلكا وكان اللف انطباقياً فعدد المجموعات المتصلة بالتوازى = عدد الانطباق = ٨

اذاً عدد الاسلاك التى تؤخذ عند تقدير القوة الدافعة المتولدة

$$= \frac{٢٤٨}{٨} = ٣١ \text{ سلكا فقط}$$



(شكل ٨٢)

تعدد الاسلاك فى مجارى عضو الاستنتاج

بند ٦١ — لا يمكن فى الديناموات ذات الضغط العالى أن نستعمل عدداً بسيطاً مثل ٢٤ سلكا لملف عضو الاستنتاج

ومن جهة أخرى اذا كان عدد الاسلاك كبيراً مثل ٩٠٠ مجرى فذلك يقضى بان نجعل سمك الحاجز الحديدى بين كل مجريين بسيطاً وهذا مما يزيد فى مقاومة الوسط بين سطح عضو الاستنتاج ووجه القطب لمرور التدفق المغناطيسى مما يستلزم زيادة الامبير لفات فى عضو التوليد

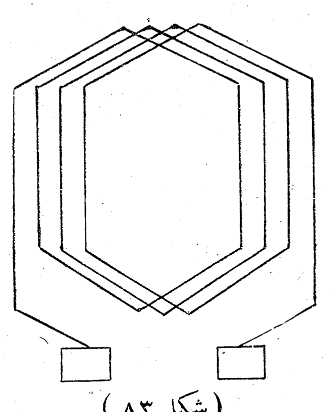
كذلك تتأثر الحواجز الحديدية اذا كانت رقيقة مع الزمن بقوة الشد على الاسلاك الموضحة ببند ٥٠

فالطريقة المتبعة هى أن نعدد الاسلاك فى كل مجرى من المجارى أى أننا لا ننتقل من خطوة الى أخرى « سواء كانت أمامية أو خلفية » الا بعد أن نكرر لف الخطوة الواحدة جملة مرار كما هو مبين بشكل ٨٣ الذى يبين مجريين لخطوة واحدة

ويسمى عدد الاسلاك المكونة لخطوة واحدة بوحدة

فيمكننا أن نجرى لف ١٨٠٠ سلك بحيث أن كل مجرى يحتـوى على ٢٠ سلكا فتكون عدد المجارى باعتبار أن كل مجرى ذات وحدة مكونة من ٢٠

$$\text{سلكا} = \frac{١٨٠٠}{٢٠} = ٩٠ \text{ مجرى}$$



(شكل ٨٣)

وكذلك يمكننا أن نختصر عدد المجارى بأن نجعل فى كل مجرى وحدتين (أو أكثر) كلٌّ منها يحتوى على ٢٠ سلكا

فعدد المجارى فى هذه الحالة = ٤٥ مجرى

وطرق اللف هى بعينها الطرق السابقة والفرق الوحيد هو أن القوانين السابقـة لمعرفة الخطوة الامامية والخلفية ومتوسط الخطوة تطبق على عدد الوحدات وليس على عدد المجارى

$$\text{ففى اللفات التموجية متوسط الخطوة} = \frac{\text{عدد الوحدات} \pm ٢}{\text{عدد الاقطاب}} = \text{و}$$

$$\text{وفى الانطباقية} = \frac{\text{عدد الوحدات}}{\text{عدد الاقطاب}}$$

(شكل ٨٤)

ومراعاة لتسهيل التوصيل توضع الوحدات الفردية فى أعلا المجرى والزوجية فى أسفله شكل ٨٤

مثال ذلك

المطلوب لف عضو استنتاج دينامو ذى أربعة أقطاب لفاً انطباقياً اذا كان عدد الاسلاك الـكلية ٩٦٠ سلكا بحيث أن عدد المجارى يكون ١٢ مجرى وكل مجرى به وحدتان

الحل

عدد الوحدات الـكلية = عدد المجارى × عدد الوحدات فى كل مجرى

= ١٢ × ٢ = ٢٤

عدد الاسلاك فى كل وحدة = $\frac{\text{٩٦٠ سلك}}{\text{٢٤ وحدة}}$ = ٤٠ سلك

متوسط الخطوة = $\frac{\text{عدد الوحدات}}{\text{عدد الاقطاب}}$ = $\frac{٢٤}{٤}$ = ٦

الخطوة الامامية = ٦ ± ١ = ٧ او ٥

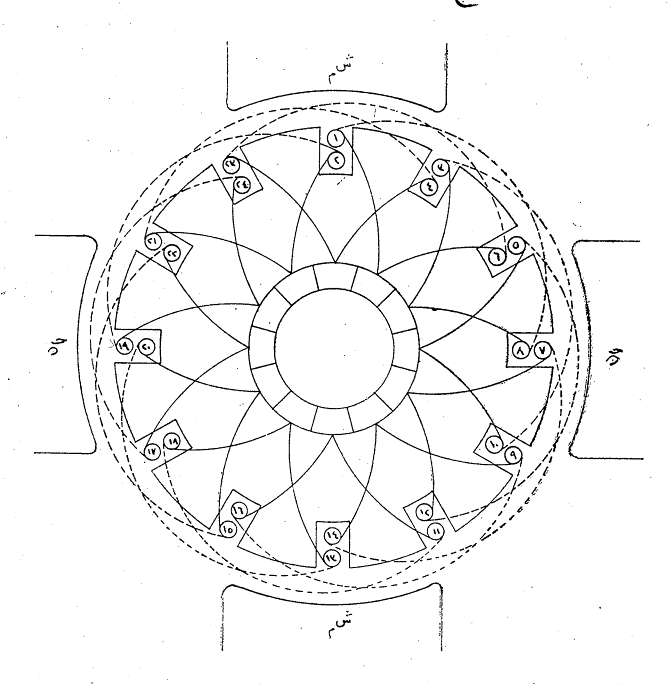
الخطوة الخلفية = ٦ ∓ ١ = ٥ او ٧

الامامية = ٥	الخلفية = ٧
١ — ٦	٦ — ٢٣
٢٣ — ٤	٤ — ٢١
٢١ — ٢	٢ — ١٩
١٩ — ٢٤	٢٤ — ١٧
١٧ — ٢٢	٢٢ — ١٥
١٥ — ٢٠	٢٠ — ١٣
١٣ — ١٨	١٨ — ١١
١١ — ١٦	١٦ — ٩
٩ — ١٤	١٤ — ٧
٧ — ١٢	١٢ — ٥
٥ — ١٠	١٠ — ٣
٣ — ٨	٨ — ١

وشكل ٨٥ يبين كيفية اللف ووضع الاقطاب

عدد الدوائر المتصلة بالتوازى باللفات التموجية

٦٢ — اذا تتبعنا سير التيار الكهربائى فى شكل ٨٠ الانفرادى لشكل ٧٩ للف التموجى نجد أن عدد مجموعات الاسلاك المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة فى هذا النوع لا يزيد عن مجموعتين مهما كان عدد الاقطاب



(شكل ٨٥)

أى أنه لتقدير القوة الدافعة المتولدة فى أسلاك عضو استنتاج دينامو — مهما كان عدد أقطابه — يؤخذ نصف عدد الاسلاك فى التقدير لأن النصف الآخر متصل بالتوازى معه

فالرمز ح المبين فى بند **٥١** = **٢** دائماً اذا كانت اللفات تموجية

امتياز كل نوع من نوعى اللف

بند **٦٣** — بما أن عدد دوائر اللفات التموجية اثنان فقط مهما تعددت الاقطاب . بينما عددها فى اللفات الانطباقية بمقدار عدد الاقطاب فالقوة الدافعة

المتولدة فى الدينامو ذات النوع الأول أكبر منها فى الدينامو ذات النوع الثانى اذا تساوى فى كلهما عدد الأقطاب — وكان أكثر من زوج واحد — وكذلك عدد الاسلاك

ولكن المقاومة الكلية لأسلاك عضو استنتاج النوع الاول أكبر منها فى أسلاك عضو استنتاج النوع الثانى

ولاجل أن نقرب الى ذهن الطالب معنى ذلك نرجع الى الأعمدة الكهربائية حيث كل لفة من لفات عضو الاستنتاج ممثلة بعمود كهربائى كما فى شكلى ٨٢ و ٨٦

فالشكل الاول يبين توصيلة ٢٤ عمود بالطريقة الانطباقية لدينامو ذى أربعة أقطاب كما وضحنا ذلك فى آخر بند ٦٠

أى ان عدد الدوائر = عدد الاقطاب = ٤

وقد بينا أن القوة الدافعة المتولدة فى البطارية كلها

$$= \frac{\text{٢٤ عمود}}{\text{٤ دوائر}} \times \text{٢ فلت}$$

بفرض أن القوة الدافعة لكل عمود = ٢ فلت = ١٢ فلت

فاذا كانت مقاومة كل عمود ٢ʺ

$$\text{فالمقاومة الكلية} = \frac{\text{مقاومة مجموعة واحدة}}{\text{عدد المجموعات المتصلة بالتوازى}} = \frac{\text{٢ʺ} \times \text{٦}}{\text{٤}} = \text{٣ʺ}$$

والشكل ٨٦ يبين توصيلة الاعمدة السابقة على الطريقة التموجية

فعدد الدوائر فى هذه الحالة = ٢ فقط

$$\text{فالقوة الدافعة المتولدة} = \frac{\text{٢٤ عمود}}{\text{٢ دوائر}} \times \text{٢ فلت} = \text{٢٤ فلت}$$

$$\text{والمقاومة الكلية} = \frac{\text{٢ʺ} \times \text{١٢ عمود}}{\text{٢ دوائر}} = \text{١٢ʺ}$$

فمن هذين المثلين نستنتج أن الفلت المتولد فى التموجية لدينامو ذى أقطاب

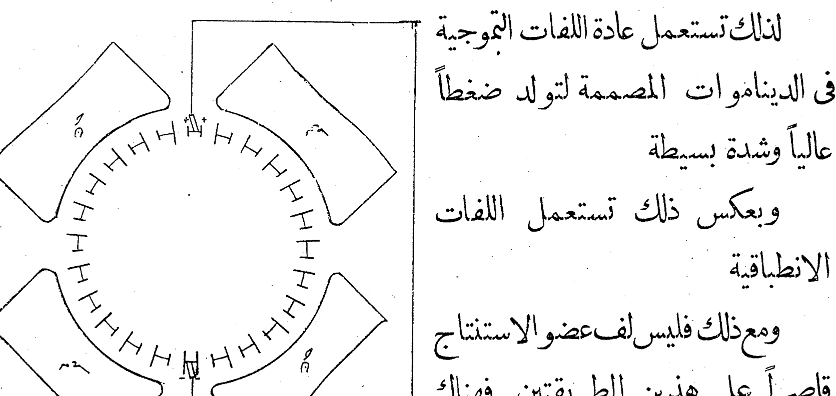
متعددة أكبر بكثير منه فى نفس الدينامو اذا كانت لفات عضو استنتاجه انطباقية

ولكن مقاومة اللفات الانطباقية أصغر بكثير من مقاومة اللفات التموجية

لذلك تستعمل عادة اللفات التموجية فى الدينامو ات المصممة لتولد ضغطاً عالياً وشدة بسيطة

وبعكس ذلك تستعمل اللفات الانطباقية

ومع ذلك فليس لف عضو الاستنتاج قاصراً على هذين الطريقتين فهناك طرق أخرى للف عضو الاستنتاج ولكن أساسها هذان النوعان



(شكل ٨٦)

مسائل محلولة على الباب الثانى

(١) دينامو ذو عضو استنتاج حلقى (ديناموجرام) ملفوف عضو استنتاجه بواسطة ٢٥٠ لفة وسطح قطاع السلك المكون منه اللفات ٠٣٧ر بوصة مربعة وسرعة دورانه ٥٠٠ دورة فى الدقيقة وعدد أقطابه اثنان

فاذا كان قطر الثغرة الهوائيـة ٢٤ بوصة وطولها ١٢ بوصة وكانت الزاوية المواجهة للقوس القطبى ١٢٠ درجة والكثافة المغناطيسية فى الثغرة الهوائيـة ٥١٢٥ خطاً لكل سنتيمتر مربع

فالمطلوب تقدير ،،قوة الدافعـة المتولدة وكذلك مقاومة عضو الاستنتاج بين الفرشتين اذا كان متوسط طول لفـة السلك على عضو الاستنتاج ٣ قدم

ومقاومته النوعية = $\frac{٧ر}{١٠^٦}$ أوم للبوصة المكعبة

أوجد متوسط الضغط على الفرش أيضاً اذا كان تيار حمل الدينامو = ٢٠٠ أمبير

الحل : —

مساحة وجه القطب = $\frac{١٢٠^\circ}{٣٦٠^\circ}$ × ط × ٢٤ بوصة × ١٢ × ٢,٥٤ ^٢^

= ١٩٤٥ سنتيم مربع

التدفق المغناطيسى لكل قطب = الكثافة المغناطيسية × مساحة وجه القطب = ٥١٢٥ × ١٩٤٥ = ١٠^٧^ خط ، عدد الدوائر ح = ٢

القوة الدافعة المتولدة = ت × ٢ زِ × $\frac{ى}{٦٠}$ × ١٠^-٨^ × $\frac{٢ ف}{ح}$ بند ٥١

= ١٠^٧^ × ٢ × $\frac{٥٠٠}{٦٠}$ × ١٠^-٨^ × $\frac{٢٥٠}{٢}$ = **٢٠٨,٣** فلت

(الاسلاك الداخلية غير مستفاد منها . لذلك فعدد اللفات أو الاسلاك القاطعة للخطوط = ٢٥٠)

بما أن عدد الدوائر المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة = ٢ لأن عدد الاقطاب = ٢ أى أن عدد المجموعات المتصلة بالتوازى من اللفات = ٢ . اذاً كل مجموعة تحتوى على $\frac{٢٥٠}{٢}$ = ١٢٥ لفة

اذاً مقاومة المجموعة الواحدة م

= $\frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول اللفة} \times \text{عدد اللفات}}{\text{مساحة مقطع السلك}}$

= $\frac{٧ر}{١٠^٦}$ × $\frac{٣ \text{ قدم} \times ١٢ \text{ بوصة} \times ١٢٥}{٠٣٨ر}$ = ٠٤١٥ر"

الضغط على طرفى الفرشتين = القوة الدافعة المتولدة — مفقود الضغط فى لفات الاستنتاج = ٢٠٨,٣ — (٢٠٠ أمبير × ٠٤١٥ر") = ٢٠٠ فلت

(٢) دينامو ذو عضو استنتاج حلقى يحتوى عضو استنتاجه على ٥٠٠ لفة وسرعة دورانه ١٢٠٠ دورة فى الدقيقه

فاذا كانت مقاومة لفات الاستنتاج بين الفرشتين = ٠٥ر٠" والتدفق المغناطيسى = ١٠^٦ خط لكل قطب فالمطلوب تقدير

(ا) القوة الدافعة المتولدة

(ب) الضغط على طرفى الفرش اذا كان تيار حمل الدينامو = ١٠٠ أمبير

الحل . —

(ا) القوة الدافعة $= \text{ت} \times ٢ \, \text{ز}_{١} \times \frac{\text{ء}}{٦٠} \times ١٠^{-٨} \times \frac{٢\,\text{ف}}{\text{ح}}$

$= ١٠^{٦} \times ٢ \times \frac{١٢٠٠}{٦٠} \times \frac{٥٠٠}{١٠^{٨} \times ٢}$ (راجع المسألة السابقة) = ١٠٠ فلت

(ب) الضغط على طرفى الفرش = القوة الدافعة — مفقود الضغط فى مقاومة الاستنتاج = ١٠٠ — (١٠٠ أمبير × ٠٥ر٠") = ٩٥ فلت

(٣) دينامو ذو عضو استنتاج اسطوانى يحتوى على قطبين وعدد لفات عضو الاستنتاج ٢١٠ لفة

فاذا كان طول متوسط اللفة = ٣ر٢٤ بوصة ومساحة مقطع السلك المكونة منه اللفة = ٠٢٥٥ر٠ بوصة مربعة والمقاومة النوعية لنوع السلك = $\frac{٧ر}{١٠^{٦}}$ أوم لكل بوصة مكعبة

فما هى مقاومة لفات الاستنتاج بين الفرشتين

واذا كانت سرعة الدوران = ٦٠٠ دورة فى الدقيقة والتيار المتولد = ١٠٠ أمبير على ضغط = ٢٠٠ فلت فما هو التدفق المغناطيسى لكل قطب

الحل :

عدد المجموعات المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة = ٢ سواء كان نوع اللف انطباقياً أو تموجياً لان عدد الاقطاب اثنان فقط

$$\text{اذاً مقاومة أسلاك الاستنتاج بين الفرشتين} = \frac{٠٫٧}{١٠^{٦}} \times \frac{٢١٠ \times ٢٤٫٣ \text{ بوصة}}{٢ \times ٢ \times ٠٫٠٢٥٥}$$

$$= ٠٫٠٣٥ \text{ أوم}$$

مفقود الضغط فى الاستنتاج = ١٠٠ أمبير × ٠٫٠٣٥ أوم = ٣٫٥ فلت

القوة الدافعـــة = الضغط على الفرش + مفقود الضغط فى أسلاك الاستنتاج بين الفرشتين = ٢٠٠ فلت + ٣٫٥ فلت = ٢٠٣٫٥ فلت

$$٢٠٣٫٥ = ت \times ٢ \, ز \times \frac{ى}{٦٠} \times ١٠^{-٨} \times \frac{٢ف}{ح}$$

$$= ت \times ٢ \times \frac{٦٠٠}{٦٠ \times ١٠^{٨}} \times \frac{٢ \times ٢١٠}{٢}$$

$$\text{اذاً } ت = \frac{٢٠٣٫٥ \times ٦٠ \times ١٠^{٨}}{٢ \times ٦٠٠ \times ٢١٠} = ٤٫٨٥ \times ١٠^{٦} \text{ خطاً لكل قطب}$$

(٤) دينـامو ذو أربعة أقطاب عضو استنتاجه ملفوف لفاً انطباقياً. فاذا كان التدفق المغناطيسى = ١٫٧ × ١٠^٦ خطاً لكل قطب وسرعة دورانه ٤٠٠ دورة فى الدقيقة والضغط على الفرش = ١٠٠ فلت

فالمطلوب ايجاد عدد أسلاك عضو الاستنتاج . مع العلم أن ٤٪ من الضغط على الفرش مفقود فى عضو الاستنتاج

الحل :

$$\text{مفقود الضغط} = \frac{٤}{١٠٠} \times ١٠٠ = ٤ \text{ فلت}$$

القوة الدافعة المتولدة = الضغط على الفرش + مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج = ١٠٠ فلت + ٤ فلت = ١٠٤ فلت

$$١٠٤ \text{ فلت} = ت \times ٢ \text{ ز}_١ \times \frac{ء}{٦٠} \times ١٠^{-٨} \times \frac{٢ف}{ح}$$

وبما أن اللفات انطباقية

اذاً عدد المجموعات المتصلة بالتوازى = عدد الاقطاب (بند ٦٠)

أى أن ح = ٤

$$\text{اذاً } ١٠٤ \text{ فلت} = ١,٧ \times ١٠^{٦} \times ٤ \times \frac{٤٠٠}{٦٠ \times ١٠^{٨}} \times \frac{٢ف}{٤}$$

$$\text{اذاً } ٢ف = \frac{١٠٤ \times ٦٠ \times ١٠^{٨} \times ٤}{١,٧ \times ١٠^{٦} \times ٤ \times ٤٠٠} = ٩١٨ \text{ سلك}$$

تمرينات عن الباب الثانى

(١) دينامو ذو أربعة أقطاب يولد ٥٢٠ فلت بسرعة ٦٦٠ دوره فى الدقيقة فالمطلوب تقدير التدفق المغناطيسى فى كل قطب اذا كان عدد مجارى عضو الاستنتاج ١٤٤ وفى كل مجرى ٦ أسلاك وكانت اللفات تموجية

(٢) دينامو ذو ستة أقطاب يولد ٤٣٢ فلت بسرعة ٣٦٠ دورة فى الدقيقة فاذا كان التدفق المغناطيسى لكل قطب يساوى ٨ ميجاخط فما هى عدد الاسلاك على عضو الاستنتاج اذا كانت اللفات انطباقية

(٣) عضو استنتاج دينامو ذى أربعة أقطاب ومعد للطلاء الكهربائى يدور بسرعة ٦٠٠ دورة فى الدقيقة والقوة الدافعة المتولدة = ٩,٦ فلت

فاذا كان التدفق المغناطيسى المتولد فى كل قطب = ٣ ميجا خط فما هى عدد أسلاك الاستنتاج مع العلم أن اللفات انطباقية

(٤) اوجد الخطوة الامامية والخطوة الخلفية فى المسألة السابقة مع رسم طريقة لف هذه الاسلاك على سطح عضو الاستنتاج و وضع الاقطاب و كذلك الفرش فى موضعهما المناسب مع العلم أن كل مجرى به سلك واحد

(٥) دينامو ذو أربعة أقطاب يستعمل كمساعد و يولد قوة دافعة قيمتها ٣١ فلت

فاذا كانت سرعته ٦٦٠ دورة فى الدقيقة والتدفق المغناطيسى المتولد فى كل قطب من أقطابه = ٣,١ ميجا خط فما هى عدد أسلاك عضو الاستنتاج اذا كانت أللفات تموجية

(٦) أوجد الخطوة الامامية والخطوة الخلفيةمع رسم طريقة لف الاسلاك فى المسألة السابقة ووضع الاقطاب والفرش فى موضعهما

(٧) سلك يده ر فى تدفق مغناطيسى بين قطبين ويعمل زاوية ٤٥ درجة بطوله مع اتجاه خطوط القوة المغناطيسية

فاذا كانت سرعته = ٦٦٠ دورة فى الدقيقة ونصف قطر محيط الدوران ٧ سم.

فالمطلوب رسم منحنٍ بين القوة الدافعة المتولدة و بين مركز السلك بالنسبة للقطبين اذا كانت كثافة التدفق المغناطيسى ٨٠٠٠خط لكل سنتمتر مربع وطول السلك الموضوع فى المنطقة المغناطيسية ٤٠ سم . وما هى أقصى قوة دافعة يمكن توليدها

(٨) اذا كان طول سلك ٤٠ سم و تولد فيه تيار كهربائى ١٠٠ أمبير نتيجة حركته قاطعاً بطوله تدفقاً مغناطيسياً كثافته ٨٠٠٠ فما هى قوة الشد على السلك بالكيلو جرام

(٩) أثبت أن القوة الدافعة المتولدة فى أسلاك عضو استنتاج أى دينامو متغيرة الاتجاه

(١٠) ما هى الطرق اللازم مراعاتها فى تصميم الدينامو لرفع قيمة القوة

الدافعة المتولدة فيه

(١١) اشرح كيفيــة جعل التيار الـكهربائى ـ المستمد من دينامو ـ موحد الاتجاه فى الدائرة الخارجية له و كيفية جعله متغير الاتجاه

(١٢) مولدان كهربائيان ا ، ب متماثلان من جميع الوجوه غير أن عضو استنتــاج أولهما ملفوف لفاً انطباقياً و الآخر تموجياً . فالمطلوب تقدير الفلت المتولد فى الأول بالنسبه الى الفلت المتولد فى الثانى اذا كان عدد الأقطاب فى كل منهما أربعة . ومتى يتساوى الفلت فى كليهما

(١٣) أذكر النقط الفنية التى يجب مراعاتها فى تصميم قلب عضو الاستنتاج

الباب الثالث

تغذية اقطاب الديناموات

الفصل الأول

أنواع الديناموات

بند ٦٤ — تنقسم الديناموات بالنسبة لأقطابها المغناطيسية الى قسمين

الاول — دينامو أقطابه المغناطيسية جاهزة التمغطس ويسمى هذا النوع بالمجنيتو وهو أول ما اخترع على نظرية فرداى فى الديناموات بند ٢٣ والمعدن الحديدى المعمول منه الأقطاب هو الصلب الناشف حتى لا تفقد مغناطيسيته بسهولة منه

ويعمل القطب من جملة طبقات من هذا الصلب بدلا من عمله كتلة واحدة لأن التدفق المغناطيسى المتولد فى الاول أكبر منه فى الثانى اذا تساوت القوة الدافعة المغناطيسية فى كليهما

ولا يصلح هذا النوع الا لتوليد الشرارة الكهربائية اللازمة لاحتراق الغاز فى بعض الآلات ذات الاحتراق الداخلى كالسيارات والطيارات . والسبب فى ذلك راجع لضعف الفلت المتولد نتيجة ضعف التدفق المغناطيسى مهما بلغت قيمته المبدأية عند تركيبه

فهناك عوارض كثيرة تسبب أضعاف المغناطيس الصناعى مع الزمن كالتغييرات الجوية من حرارة وبرودة والاهتزازات التى لا مناص منها وكذلك المغناطيسية الارضية

كل ذلك يعمل على تشتيت جزيئات الاقطاب المغناطيسية وأضعاف تأثيراتها الخارجية تدريجياً

لذلك يقتصر استعمال هذا النوع على الآلات السالفة الذكر

الثانى — دينامو ذو أقطاب مغناطيسية كهربائية

وهذا النوع هو المستعمل فى جميع الدوائر الكهربائية سواء للانارة أو الحركة لأن أقطابه المغناطيسية تغذى بطريق الكهرباء أثناء استعماله وذلك بتوصيل تيار كهربائى فى ملف من النحاس معزول وملفوف حول قلب عضو التوليد بحيث أن كل قطبين متجاورين يكونان مختلفين حتى لا يتعارض سير خطوط القوة المغناطيسية (شكل ٦٥) . فالامبير لفـــات أو القوة الدافعة المغناطيسية تولد التدفق المغناطيسى المطلوب وهذا الأخير يمكننا أن نحكم قيمته بتنظيم التيار الكهربائى فى هذه اللفات بواسطة مقاومة منظمة شكل ٨٩

الطريقة المختصرة لرسم أعضاء الدينامو ذى الاقطاب المغناطيسية الكهربائية

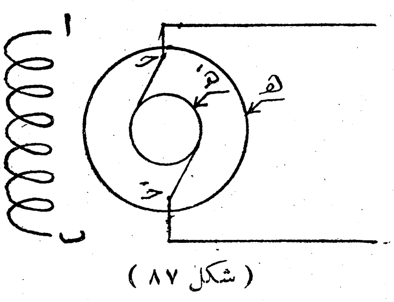
بند ٦٥ — اصطلح المهندسون الكهربائيون على اتباع الطريقة التخطيطية المبينة فى شكل ٨٧ لرسم دائرة هذا النوع من الديناموات

فالدائرة هـ تمثل عضو الاستنتاج

و هـ' تمثل عضو التوحيد

والخطان المماسان لعضو التوحيد

حـ و حـ' يمثلان الفرشتين الموجبة والسالبة



(شكل ٨٧)

والملف ا ب يمثل لفات عضو التوليد

وكثيراً ما يختصر الرسم أكثر من ذلك كما فى شكل ٨٨ حيث يمثل عضو الاستنتاج والتوحيد فى دائرة واحدة

أنواع الدينامو ذى الاقطاب المغناطيسية الكهربائية بالنسبة لتغذية اقطابها

بند ٦٦ — ينقسم هـــذا النوع الى قسمين

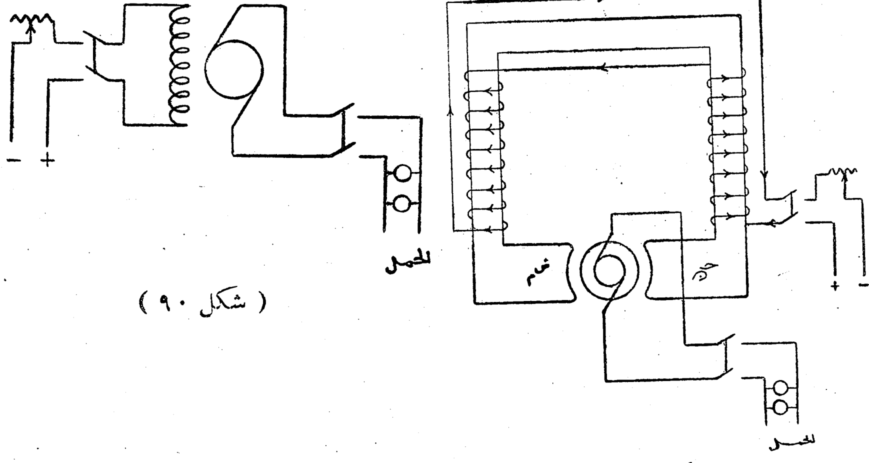
الأول — دينامو تغـذى أقطابه من الخارج أى من ينبوع كهربائى آخر كدينامو أو بطارية

ويسمى بالدينامو ذى التغذية المغناطيسية الكهربائية الخارجية أو التغذية الخارجية شكل ٨٩ و ٩٠

الثـانى — دينامو أقطابه المغناطيسية

(شكل ٨٨)

تغذى من التيار الكهربائى الخارج منه بتأثير القوة الدافعة الكهربائية المتولدة



(شكل ٩٠)

(شكل ٨٩)

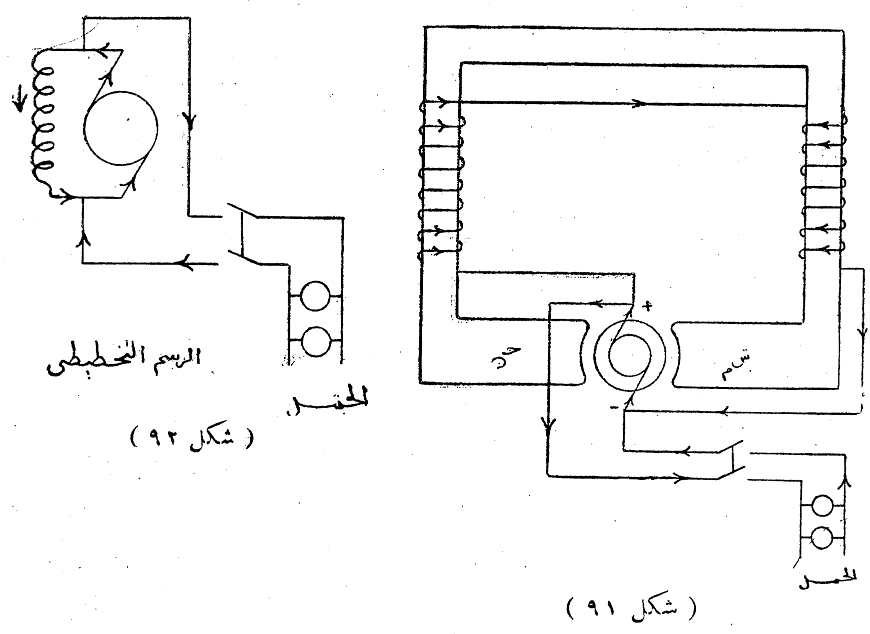
فى أسلاك عضو استنتاجه نتيجة قطعهـــا لخطوط قوة مغناطيسية باقية فى الاقطاب مبدئياً

وعلى هذه المغناطيسية الباقية يتوقف توليد القوة الدافعة وبناءها لأن التيار الكهربائى المتولد من المغناطيسية الباقية يمر فى لفات عضو التوليد عن طريق الفرش . والامبير لفات أو القوة الدافعة المغناطيسية نتيجة هذا التيار تزيد فى التدفق المغناطيسى فى عضو التوليد فيرتفع الفلت المتولد وتزيد شدة التيار فى لفات التوليد وبالتالى تزيد القوة الدافعة المغناطيسية فيرتفع التدفق المغناطيسى فى الاقطاب وكذلك القوة الدافعة المتولدة وهكذا حتى تصل الاقطاب لدرجة التشبع فيثبت الفلت المتولد وهو أقصى ما يمكن للدينامو توليده

ويسمى الدينامو من هذا النوع بالدينامو ذى التغذية الذاتية

وينقسم هذا النوع الى ثلاثة أقسام

الاول — دينامو توازى حيث طرفا لفات عضو توليده متصلة مباشرة بفرشتى الدينامو الموجبة والسالبة شكل ٩١ و ٩٢



(شكل ٩٢)

(شكل ٩١)

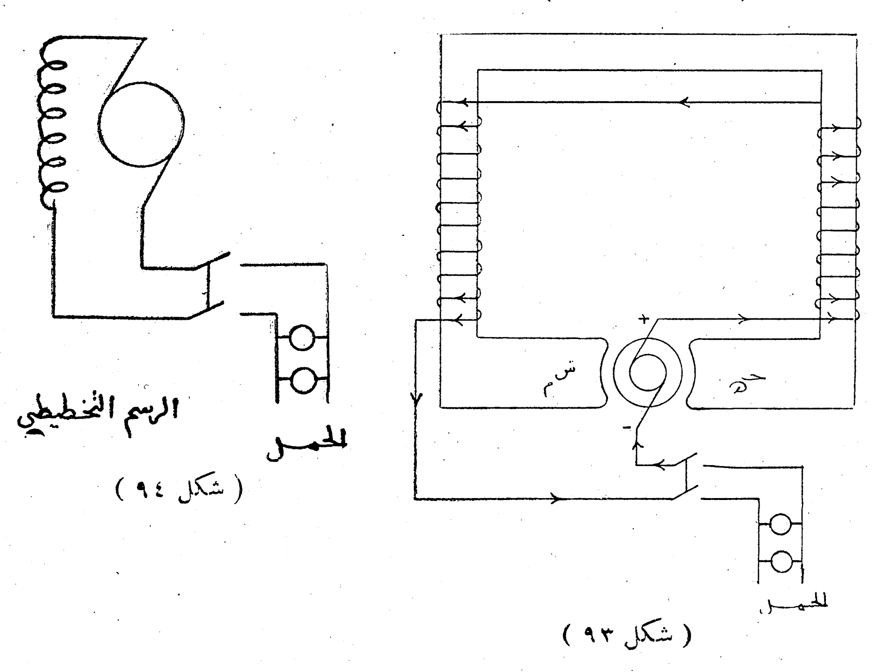
فالقوة الدافعة المتولدة البسيطة الناتجة من المغناطيسية الباقية فى الاقطاب مبدئياً تدفع التيار الكهربائى فى لفات عضو التوليد عن طريق الفرشة الموجبة

والامبير لفات النـاتجة تولد تدفقاً مغناطيسياً يضاف الى المغناطيسية الباقية فيرتفع الفلت فتزيد شدة التيار الماره فى لفات عضو التوليد وكذلك المغناطيسية وبالتالى الفلت المتولد وشدة التيـار وهكذا الى أن تتشبع الاقطاب كما ذكرنا وبذلك يصل الفلت المتولد الى اقصى حدّ له

فاذا وصلنا طرفى الفرشتين — السالبة والموجبـة — بحمل من الاحمال الـكهربائية — مصابيح أو محركات — فالتيار الـكهربائى الخارج من الفرشة الموجبة يتوزع بين الحمل ولفات عضو التوليد

أى أن لفات عضو التوليد فى هذا النوع متصلة بالتوازى مع دائرة الحمل لذلك يسمى هذا النوع دينامو توازى

الثانى — دينامو توالى حيث توصل لفات عضو التوليد بالتوالى مع الحمل والفرش (شكل ٩٣ و ٩٤)



(شكل ٩٤)

(شكل ٩٣)

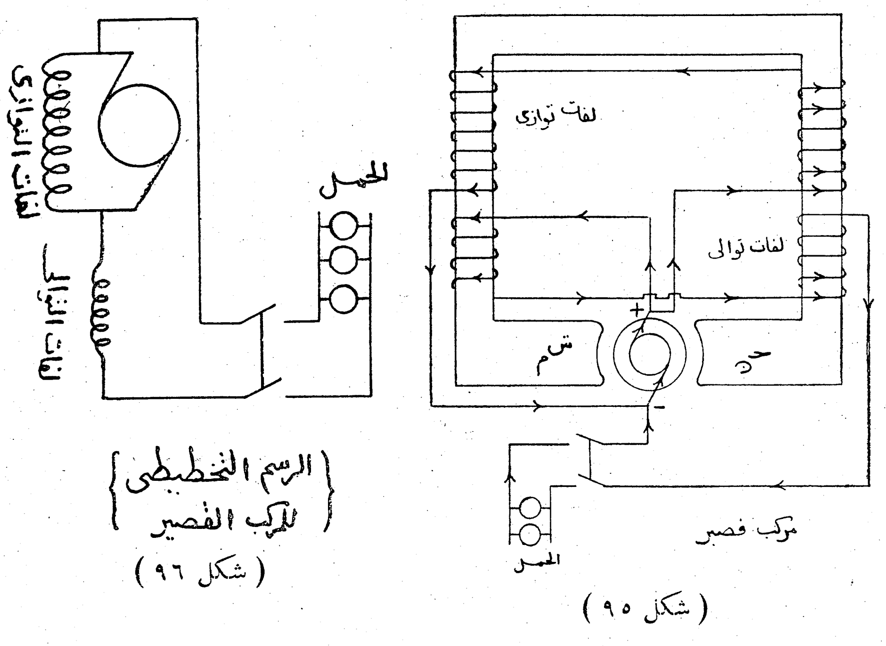
فالتيار الـكهربائى المبدأى يخرج من الفرشة الموجبـة ويمر بلفات عضو التوليد ثم بالحمل ومنه الى الفرشة السالبة

أى أنه لا يمر تيار كهربائى فى لفات التوليد ما لم تكن دائرة الحمل موصلة

الثالث — دينامو مركب وهو يجمع بين النوعين السابقين — التوازى والتوالى — فقلب عضو توليده ملفوف عليه ملفان أحدهما يتصل بالتوازى مع الحمل والثانى بالتوالى

وهو فى الحقيقة دينامو توازى مضاف الى لفاته لفات توالى لتنظيم الضغط على الفرش ويوجد طريقتان لتوصيل لفات عضو توليد هذا النوع

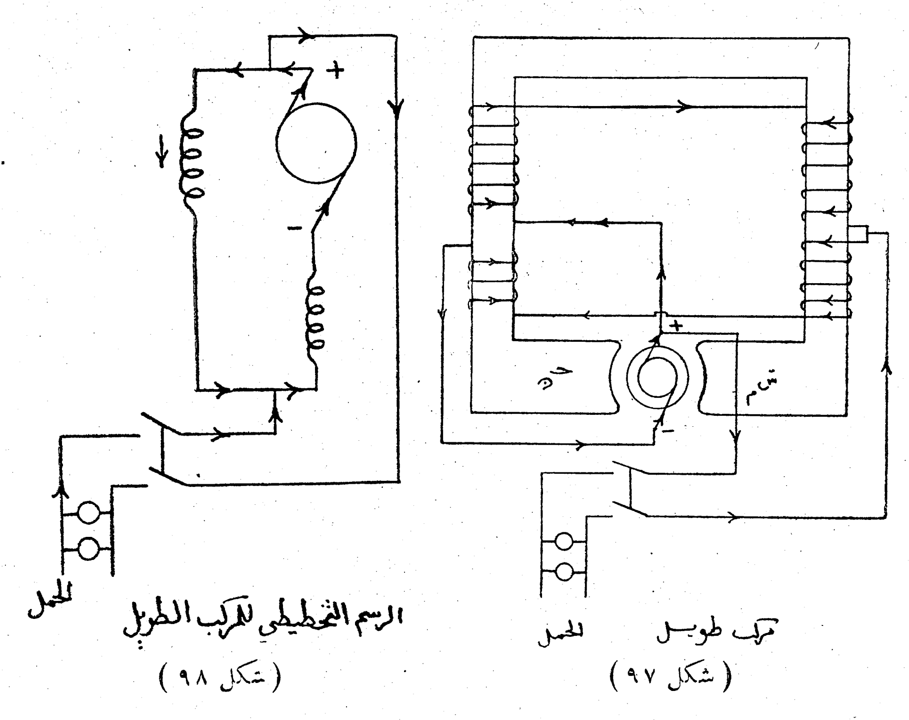
الطريقة الأولى أن نصل ملف التوازى فيه مباشرة بالفرشتين ويسمى الدينامو المركب الموصل على هذه الطريقة بالمركب القصير كما فى شكلى ٩٥ و ٩٦



{الرسم التخطيطى للمركب القصير}
(شكل ٩٦)

(شكل ٩٥)

والطريقة الثانية أن نصل أحد طرفى ملف التوازى فيه باحدى الفرشتين والطرف الثانى بنهاية لفات التوالى والطرف الثانى للفات التوالى بالفرشة الثانية كما هو مبين بشكلى ٩٧ و ٩٨



(شكل ٩٨)

(شكل ٩٧)

مقاومة لفات عضو التوليد (او التنبيه) فى دينامو التوازى

بند **٦٧** — بما أن لفات عضو التوليد متصلة بالتوازى مع دائرة الحمل أى أن التيار الكهربائى يتوزع عند خروجه من الفرشة الموجبة بين هذه اللفات ودائرة الحمل

وبما أن المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات المتصلة بالتوازى قيمتها أصغر من أقل مقاومة من هذه المقاومات

فاذا كانت مقاومة لفات عضو توليد هذا الدينامو صغيرة فالتيار الكهربائى الخارج من الفرشة سيندفع بشدة كبيرة ويتوزع على دائرتى عضو التوليد والحمل فيزيد ما يفقد من القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى مقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش فيهبط الضغط على طرفى الفرش وعليه تهبط الشدة كما هو ظاهر من المنحنى الخاص لدينامو التوازى المبين فى الفصل الثانى من هذا الباب وفيه نلاحظ نزول الفلت المتولد اذا زاد التيار الكهربائى عن حد محدود

لذلك يجب أن تكون مقاومة لفات التوازى لعضو التوليد كبيرة مثل ١٠٠ " وبالتالى عدد اللفات يجب أن يكون كبيراً حتى يمكن مغطسة الاقطاب لدرجة التشبع وتوليد الفلت المطلوب حسب تصميم الدينامو

دينامو التوالى

أما فى دينامو التوالى فالعكس بالعكس حيث يجب أن تكون مقاومة لفات عضو التوليد صغيرة ما أمكن لأنها متصلة بالتوالى مع الحمل فلا يجب أن تتعدى كسراً بسيطاً

عضو التوليد

بند ٦٨ — يتركب عضو توليد الدينامو من الأجزاء الآتية شكل ٩٩

(شكل ٩٩)

(١) حامل الأقطاب ويصنع من الحديد المسبوك (الزهر) أو الصلب

(٢) قلب المغناطيس وهو الملفوف عليه ملف التغذية ويصنع من ألواح رقيقة من الصلب المسبوك تلافياً من تأثير التيارات الاعصارية والقصور المغناطيسى

(٣) قاعدة حامل الاقطاب وتصنع من معدن غير قابل للمغطسة حتى لا تهرب المغناطيسية الى الخارج وهذا المعدن هو معدن المدافع

والمسألة الآتية تبين لنا تقدير الامبير لفات اللازمة لكل جزء من أجزاء عضو التوليد لتوليد تدفق مغناطيسى فى الثغرة الهوائية — أى الفراغ بين وجه

القطب وسطح عضو الاستنتاج — معروف قيمته

الرسم المبين (شكل ١٠٠) عبارة عن عضو توليد دينامو ذى اربعة أقطاب وأبعاده مبينة بما فيها اسطوانة عضو الاستنتاج وكذلك نوع الحديد المكوّن منه كل جزء

فاذا كانت قابلية الزهر (أو معامل النفاذ) = ١٠٧ (بند ٢٠)

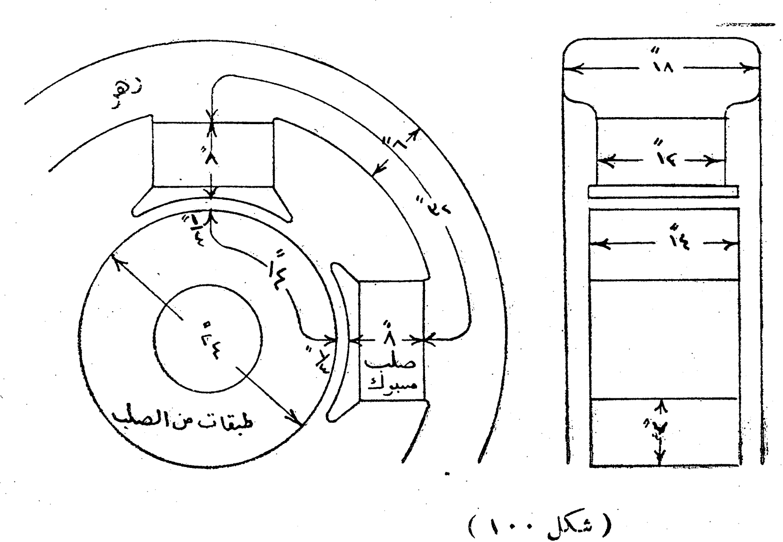
والصلب المسبوك = ٥٦٤

والصلب المستعمل منه ألواح عضو الاستنتاج = ٢٦٣٧

فالمطلوب تقدير الامبير لفات اللازمة لكل قطب ليتولد تدفق مغناطيسى قيمته ١٠ × ١٠^٦ خطوط فى الثغرة الهوائية

مع العلم أن $\frac{\text{القوس القطبى}}{\text{الخطوة القطبية}}$ = ٧ر (بند ٥٩)

وأن معامل الهروب = ١,١٥ (بند ٣٥)



(شكل ١٠٠)

مساحة المقطع بالسنتيمتر المربع لحامل الاقطاب = ٦ً × ١٨ً × ٦,٤٥

= ٦٩٦ سنتيمتر مربع

وللقطب = $\frac{١٢^{٢}}{٤} \times \frac{٢٢}{٧} \times ٦,٤٥$ = ٧٢٨ سنتيمتر مربع

مساحة الثغرة الهوائية = طول القوس القطبى × ١٤ً × ٦,٥٤ سنتم^{٢}

القوس القطبى = ٠,٧ × الخطوة القطبية

بما أن عدد الاقطاب أربعة

اذاً طول الخطوة القطبية = ¼ محيط سطح عضو الاستنتاج تقريباً

محيط عضو الابستنتاج = ٢٤ً × $\frac{٢٢}{٧}$ × ٢,٥٤ سنتيم

اذاً الخطوة القطبية = $\frac{٢٤}{٤} \times \frac{٢٢}{٧} \times ٢,٥٤$

= $\frac{١٣٢}{٧}$ × ٢,٥٤ سنتيم متر

اذاً القوس القطبى = $\frac{١٣٢}{٧}$ × ٢,٥٤ × ٠,٧ = ٣٣,٥٣ سنتيمتر

اذاً مساحة الثغرة = ٣٣,٥٣ × ١٤ً × ٢,٥٤ = ١٢٢٠ سنتيم مربع

مساحة مقطع حديد عضو الاستنتاج المار فيه التدفق المغناطيسى

= ١٤ً × ٧ً × ٦,٤٥ = ٦٣٢ سنتيم مربع

التدفق المغناطيسى فى مقطع حامل الاقطاب = ½ التدفق فى مقطع كل قطب (راجع شكل ٢٥)

وبما أن معامل الهروب = ١,١٥

اذاً التدفق فى كل قطب بما فيه الجزء الهارب من الخطوط

= ١,١٥ × ١٠ × ١٠^{٦} = ١١,٥ × ١٠^{٦} خطوط

وفى مقطع حامل الاقطاب = $\frac{١١,٥ \times ١٠^{٦}}{٢}$ = ٠,٧٥ × ١٠^{٦} خطوط

الكثافة المغناطيسية فى حامل الاقطاب = $\frac{٠,٧٥ \times ١٠^{٦}}{٦٩٦}$

= ٨٢٧٠ خطاً لكل سنتيمتر مربع

الكثافة المغناطيسية فى قلب القطب = $\frac{١١,٥ \times ١٠^{٦}}{٧٢٨}$

= ١٥٨٠٠ خطاً لكل سنتيمتر مربع

الكثافة المغناطيسنية فى الثغرة الهوائية = $\frac{١٠ \times ١٠^{٦}}{١٢٢٠}$

= ٨١٩٠ خطاً لكل سنتيمتر مربع

وبما أن الدينامو مكوّن من أربعة أقطاب

اذاً التدفق المغناطيسى فى مقطع عضو الاستنتاج = $\frac{١}{٢}$ التدفق فى الثغرة الهوائية

اذاً الكثافة المغناطيسية فى مقطع عضو الاستنتاج = $\frac{٥ \times ١٠^{٦}}{٦٣٢}$

= ٧٩١٠ لكل سنتيمتر مربع

وبما أن الامبيرلفات اللازمة لأى جزء = $\frac{ك}{١,٢٥٧} \times \frac{ل}{ى}$ (بند ٢٢)

بفرض أن ك = الكثافة المغناطيسية فى الجزء المأخوذ

و ل = طول الممر الذى تمر فيه خطوط القوة فى هذا الجزء بالسنتيمتر

و ى = معامل نفاذ (أو قابلية) معدن هذا الجزء

وبما أن التدفق المغناطيسى يتوزع فى كل من حامل الاقطاب وقلب عضو

الاستنتاج فى جهتين (كما هو واضح من الرسم) والمطلوب الامبير لفات للقطب الواحد أى لنصف دورة الخط المغناطيسى

فالطول المأخوذ عن تقدير الامبير لفات فى هذين الجزئين

= نصف الطول الاصلى المبين بالرسم

اذاً الامبير لفات اللازمة فى حامل الاقطاب $$= \frac{٢,٥٤ \times \frac{٣٢}{٢}'' \times ٨٢٧٠}{١,٢٥٧ \times ١٠٧}$$

= ٢٤٨٥

والامبير لفات اللازمة فى عضو الاستنتاج $$= \frac{٢,٥٤ \times \frac{١٤}{٣}'' \times ٧٩١٠}{١,٢٥٧ \times ٢٦٣٧}$$

= ٤٣

والامبير لفات اللازمة فى قلب القطب $$= \frac{٢,٥٤ \times ٨'' \times ١٥٨٠٠}{١,٢٥٧ \times ٥٦٤}$$

= ٤٥٢

والامبير لفات اللازمة فى الثغرة الهوائية $$= \frac{٢,٥٤ \times \frac{١}{٤}'' \times ٨١٩٠}{١,٢٥٧ \times ١}$$

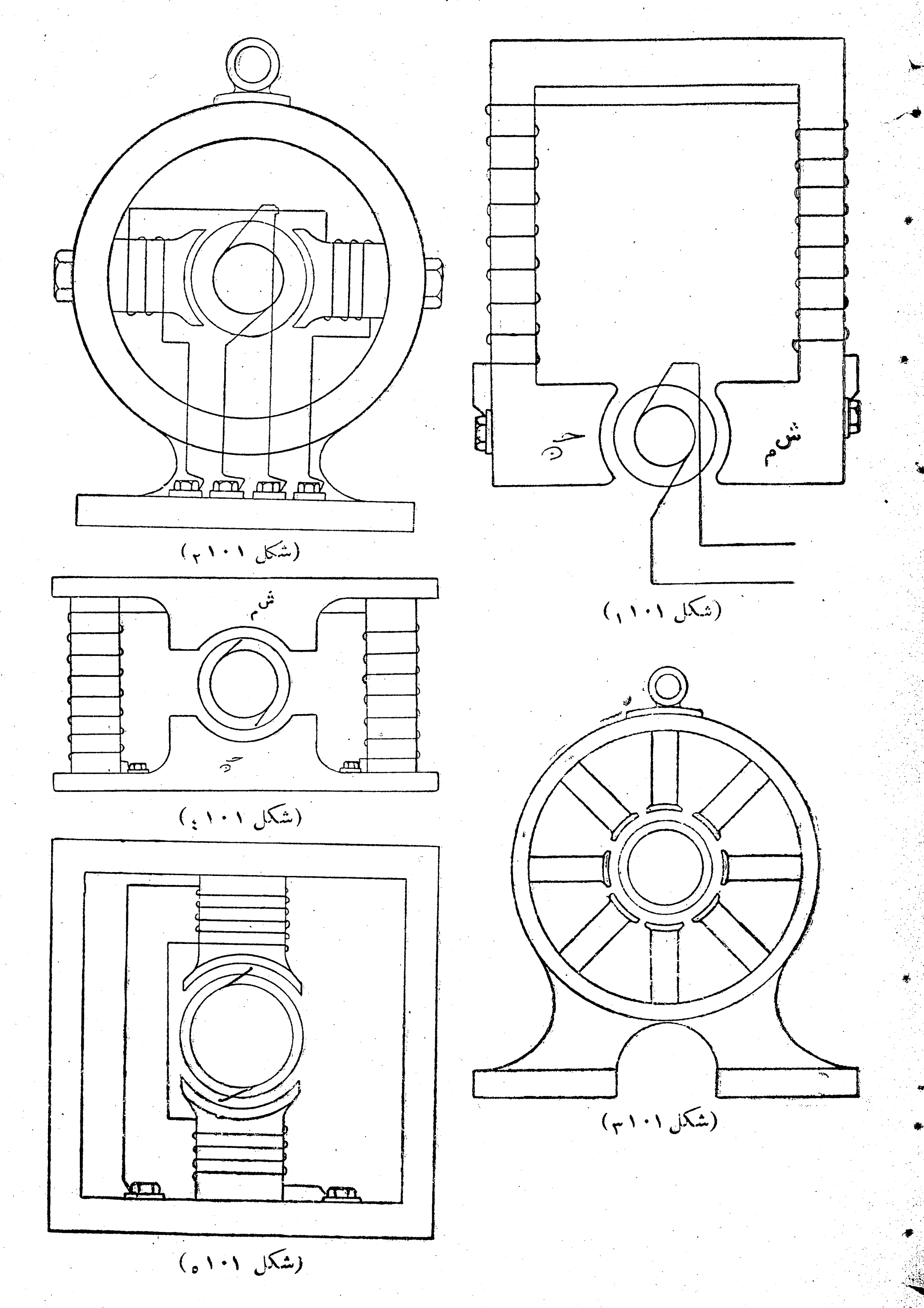
= ٤١٤٠

اذاً الامبير لفات الكلية اللازمة = ١٧٢٠ لكل قطب

نماذج من أقطاب الديناموات المستعملة

الاشكال الاربعة المبينة (شكل ١٠١) عبارة عن ديناموات مختلفة الاشكال بالنسبة لعضو التوليد وجميعها مستعملة فى الدوائر الكهربائية

فالشكل (١) عبارة عن دينامو توازى طرز مانشستر



(شكل ١٠١ ١)

(شكل ١٠١ ٢)

(شكل ١٠١ ٣)

(شكل ١٠١ ٤)

(شكل ١٠١ ٥)

والشكل (٢) دينامو دائرى ذات قطبين

والشكل (٣) دينامو دائرى ذات أقطاب متعددة

والشكل (٤) دينامو ذات قطبين عريضين بحيث أن عضو استنتاجه يكون مغموراً كله فى الخطوط المغناطيسية لعضو التوليد

والشكل (٥) دينامو مربع الشكل ذات قطبين

الفصل الثانى

مزايا كل نوع من أنواع الديناموات ذات الأقطاب المغناطيسية الكهربائية

بند ٦٩ — لدرس مزايا كل نوع من أنواع هذه الديناموات يجب عمل المنحنيات الآتية

(١) العلاقة بين الضغط الكهربائى على طرفى الحمل المحمل به الدينامو وشدة تيار هذا الحمل

ومن هذه العلاقة يمكننا أن نعرف مقدار التأثير على قيمة هذا الضغط بزيادة الحمل

ويسمى المنحنى المرسوم بينهما بالمنحنى الخاص الخارجى للدينامو

(٢) معرفة مقدار ما يحدثه زيادة الحمل على القوة الدافعة المتولدة . ومنه يمكننا أن نعرف احدى العوامل . بل أهمها . المسببة للتغييرات الحاصلة فى الضغط الكهربائى على الفرش بزيادة الحمل فى المنحنى الاول

وبما أن شدة تيار الحمل تقل فى دينامو التوازى عن التيار الكهربائى الخارج من عضو الاستنتاج (عن طريق الفرش) بمقدار تيار لفات عضو التوليد (بند ٦٦)

وأن المؤثر على القوة الدافعة المتولدة — ان كان هناك أى تأثير — هو الشدة

الـكلية الخارجة من عضو الاستنتاج

اذاً يجب — لمعرفة التأثير الحقيق — أن توجد العلاقة بين القوة الدافعة والشدة الـكلية

ويسمى المنحنى المرسوم بينهما بالمنحنى الخاص الـكلى لأنه يجمع بين الضغط الـكلى المتولد والشدة الـكلية الخارجة من الدينامو

من هذين المنحنيين يمكننا أن نعين الدوائر التى يستعمل فيها كل نوع من هذه الدينامو ات دون الآخر

المنحنى الخاص للدينامو ذات التغذية الخارجية

بند **٧٠** — الرسم (شكل **١٠٢**) يبين كيفية توصيل هذا الدينامو لايجاد المنحنى الخاص الخارجى

ولأجل عمل التجربة نتبع ما يأتى

(١) يدار الدينامو بسرعته القانونية أى المرقومة عليه

(٢) وبواسطة المقاومة المنظمة م المتصلة بالتوالى مع لفات عضو التوليد نثبت أمبير التغذية ش الى أن يصل الفلت المتولد أقصى فلت للدينامو المرقوم عليه وهذا الفلت يقرأ بواسطة الفلتمتر الموصل على طرفى الفرشتين (وذلك قبل توصيل دائرة الحمل)

(شكل ١٠٢)

(٣) نصل دائرة المصابيح الـكهربائية . المبينة. بالدينامو بمفتاح التوصيلة و

(٤) ثم بواسطة الامبير ومتر **س١** نقرأ شدة تيار الحمل

(٥) نرسم المنحنى الخاص الخارجى **ح** بين الضغط **ص** (احداثى رأسى) وشدة تيار الحمل **س١** (احداثى أفقى) المقابلة له وذلك بزيادة عدد المصابيح

الكهربائية (أو الحمل) المتصلة بالدينامو مع ملاحظة ثبوت تيار التغذية سـ أثناء التجربة. والتجارب دلت على أن المنحنى الخاص الخارجى ح لهذا النوع وهو المبين (شكل ١٠٣) يميل قليلا عن الخط الأفقى كلما زاد الحمل س١ وهذا الميل ناتج عن : —

(١) ما يفقد من القوة الدافعة الكهربائية المتولدة ص١ — وهى التى يقرأها الفلتمتر عند ما تكون س١ = صفر أى قبل توصيل الحمل — فى مقاومة أسلاك الاستنتاج بما فيه مقاومة الفرش

(شكل ١٠٣)

(٢) هبوط نفس القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بزيادة الحمل نتيجة أضعاف التدفق المغناطيسى بتأثير مغناطيسية التيار الكهربائى فى أسلاك الاستنتاج أى نتيجة رد فعل عضو الاستنتاج المشروح فى الفصل الأول من الباب الرابع

ولكن هذا الاخير يمكن تلافية بالطرق المبينة فى الباب الرابع. وعليه يكون هبوط الفلت ناتج عن السبب الاول وهو بسيط جداً خصوصاً اذا لاحظنا أن مقاومة أسلاك الاستنتاح والفرش لا تتعدى كسراً بسيطاً جداً مثل ٠٥ر٠ فى الدينامو ات المصممة تصميما دقيقاً

ولرسم المنحنى الخاص الكلى نتبع الطريقة الآتية

نفرض أن مقاومة الفرش والاستنتاج = م١

نقيم من نقطة ١ — على الاحداثى الافقى للمنحنى الخاص الخارجى — ١ حـ = مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج عند ما تكون شدة تيار الحمل س١ = ١ ى . وهذا المفقود = س١ م١

وبما أن $\frac{\text{ا ح}}{\text{ا ء}} = \frac{\text{س}_1\ \text{م}_1}{\text{س}_1} = \text{م}_1$ = قيمة ثابتة (باعتبار أن م_1 ثابتة)

اذاً لو وصلنا ح بنقطه ء وهى تقاطع السينات الرأسى بالافقى ينتج لنا منحنى مفاقيد الضغط فى الفرش والاستنتاج ح ء

و باضافة مفقود الضغط مثل ا ح المقابل لشدة تيار الحمل مثل ا ء والضغط على الفرش مثل صه_2 على هذا الاخير ينتج لنا القوة الدافعة المتولدة مثل ا حَ

و بتوصيل جميع النقط ينتج لنا المنحنى الخاص الكلى للدينامو وينتظر أن يكون هذا المنحنى خطاً أفقياً اذا تجنبنا التأثير الحاصل فى الفقد (٢)

وهذا النوع يستعمل فى الدوائر المحتاجة لضغط كبير مثل ٥٠٠ فلت وثابت و كذلك شدة كبيرة كدوائر المحركات المستعملة فى القاطرات الكهربائية

والتيار المغذى للاقطاب يؤخذ عادة من دينامو صغير من النوع التوازى مثبت على نفس محور دوران الدينامو الاصلى

والدينامو ات ذات التيار المتغير الاتجاه هى من هذا النوع حيث تغذى أقطابها بتيار مستمر الاتجاه (وهو فى الغالب كما قلنا دينامو توازى)

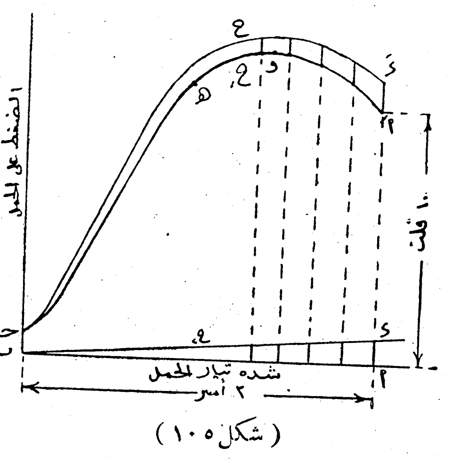
دينامو التوالى

بند ٧١ — اذا وصلنا كما فى الشكل ١٠٤ ثم تركنا دائرة الحمل مفتوحة وأدرناه بآلة ميكانيكية الى أن يصل لسرعته القانونية المرقومة عليه فأسلاك عضو الاستنتاج تقطع أثناء الدوران خطوط التدفق المغناطيسى الناتج عن المغناطيسية الباقية فى أقطاب عضو التوليد فتتولد قوة دافعة كهربائيـــة بسيطة جداً (لا تتعدى ثلاثه أو أربعة فلت)

(شكل ١٠٤)

وعند توصيل مفتاح التوصيلة (و) على حمل فشدة التيار الناتجة من المغناطيسية (الباقية) ستولد أثناء مرورها فى لفات التوالى خطوط قوة مغناطيسية فى قلب عضو التوليد تضاف على المغناطيسية الباقية فتزيد القوة الدافعة المتولدة و بالتالى تزيد شدة التيار وكذلك المغناطيسية فيرتفع الفلت المتولد وهكذا كلما قللنا مقاومة الحمل لمرور التيار زادت الشدة وكذلك الفلت المتولد الى أن تصل الاقطاب لدرجة التشبع فيثبت الفلت المتولد على مقداره

ولكن الفلت على طرفى الحمل لا بد وأن يقل كلما زاد الحمل بمقدار مفقود الضغط فى أسلاك عضو الاستنتاج والفرش وأسلاك عضو التوليد كما يلاحظ من المنحنى الخاص الخارجى ح ١ شكل ١٠٥ الذى يجمع بين الفلت على طرفى الحمل وشدة تيار الحمل. نلاحظ أنه عندما تكون دائرة الحمل غير موصلة — أى عند ما تكون س على السينات الافقى = صفر — أن المنحنى يبدأ من النقطه ح على السينات الرأسى بحيث أن ب ح = الفلت المتولد من المغناطيسية الباقية المبدئية فى أقطاب عضو التوليد (شكل ١٠٥)



(شكل ١٠٥)

وعند توصيل الحمل يزيد الفلت على طرفيه بنسبة زيادة تيار الحمل تقريباً أو بمعنى آخر تتناسب زيادة التدفق المغناطيسى مع زيادة شدة التيار وهذا يستمر الى أن تقرب الاقطاب من درجة التشبع وهذا مبين على المنحنى فى نقطة هـ حيث يبدأ المنحنى أن يتقوس لأن زيادة المغناطيسية و بالتالى زيادة الفلت لا يتناسب مع زيادة التيار الكهربائى بل أقل منها الى أن يصل المنحنى الى نقطة مثل و حيث تتشبع الاقطاب

ففى هذه النقطة يبدأ الفلت على الحمل ينقص بزيادة الحمل لأن مفقود

الضغط فى لفات عضو التوليد والفرش وأسلاك الاستنتاج (مضافاً اليه تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على الفلت المتولد المبين فى الفصل الاول من الباب الرابع) لايعوض عنه بزيادة القوة الدافعة المتولدة كما كان الحال قبل الوصول لدرجة التشبع

ولايجاد المنحنى الخاص الكلى لدينامو التوالى نتبع الطريقة الآتية : —
نفرض أن مقاومة لفات التوالى م (شكل١٠٤) = ١ر" والفرش وأسلاك الاستنتاج م = ١ر" والضغط على طرفى الحمل ضه = ١٠٠ فلت
، شدة تيار الحمل س = ٢٠ أمبير

مفقود الضغط فى لفات التوالى = ١ر× ٢٠ = ٢ فلت

، مفقود الضغط فى لفات أسلاك الاستنتاج بما فيه الفرش = ١ر× ٢٠ = ٢ فلت

مجموع ما فقد من الضغط = ٤ فلت (لأن لفات عضو التوليد متصلة بالتوالى مع الفرش)

وبما أن $\frac{\text{مفقود الضغط الكلى المبين}}{\text{شدة تيار الحمل}}$ = مقاومة لفات التوليد والفرش

وأسلاك الاستنتاج = قيمة ثابتة تقريباً

اذاً لو أخذنا على الاحداثى الأفقى للمنحنى الخاص الخارجى للدينامو (شكل١٠٥) ا ب = ٢٠ أمبير (بدلا من٢ أمبير المبينة على المنحنى) فالضغط ١ ا َ المبين على المنحنى = ١٠٠ فلت (وهو الضغط على الحمل المبين سابقاً)

واذا أقمنا المستقيم ا ء = مفقود الضغط الكلى = ٤ فلت فالخط ب ء يبين منحنى مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج ولفات عضو التوليد (ح ٢)

فاذا أضفنا المفقود من الضغط مثل ا ء على ما يقابل له من الضغط الخارجى على المنحنى الخاص الخارجى مثل ا ا َ فى كل حالة من قراءة الشدة ووصلنا

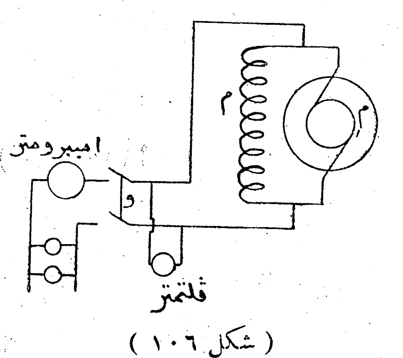
النقط الناتجة عن ذلك ينتج لنا المنحنى الخاص الكلى ح لدينامو التوالى كالمبين فوق المنحنى الخاص الخارجى حَ فى (شكل ١٠٥)

ويستعمل هذا النوع فى المصابيح القوسية (لأنها تحتاج لشدة ثابتة وضغط متغير) بشرط أن الفلت يبدأ على الجزء المائل اَ مثلا (شكل ١٠٥) وهذا ممكن اذا عرفنا أن قلمى الكربون يكونان متلامسين فى بدء التوصيل فالتيار الكهربائى وبالتالى الفلت يرتفع تدريجياً حتى تصل الاقطاب لدرجة التشبع وبعدها يهبط الفلت كما بينا وفى هذه الاثناء ينفصل قلما الكربون بالطريقة الاتوماتيكية المعروفة فى تصميم هذه المصابيح فتزيد المقاومة بين قلمى الكربون فيرجع الفلت على يسار اَ فيرتفع وهكذا فتصير قيمة التيار الكهربائى ثابتة وهو المطلوب حيث يصير تنظيمه أوتوماتيكياً

ويستعمل أيضاً هذا النوع كدينامو ات مساعدة لتعوّض عما يفقد من الضغط فى الاسلاك المغذاة من الدينامو الاصلى (وهو مبين فى الفصول الآتية من هذا المؤلف)

دينامو التوازى

بند٧٢ — اذا وصلناهذا النوع كمافى(شكل١٠٦) بدائرة مصابيح وأمبيرومتر لقراءة شدة تيار الحمل ومفتاح توصيلة وفلتمتر لقراءة الفلت على طرفى الحمل (أو على طرفى الفرش) وكانت دائرة المصابيح مفتوحة فالفلت المتولد من المغناطيسية الباقية فى الاقطاب يسبب تياراً كهربائياً يخرج من الفرشة الموجبة



(شكل ١٠٦)

ويمر فى لفات عضو التوليد ويرجع لاسلاك الاستنتاج عن طريق الفرشة السالبة فالمغناطيسية المتولدة من أمبير لفات عضو التوليد تضاف الى المغناطيسية الباقية

(وهذا ما يجب مراعاته عنـد توصيل طرفى لفات عضو التوليد بالفرش حتى لا تعارض المغناطيسية المتولدة المغناطيسية الباقية) فيرتفع الفلت المتولد وتزيد شدة التيار و بالتالى تزيد المغناطيسية وكذلك الفلت المتولد وهكذا الى أن تصل الاقطاب لدرجة التشبع فيثبت الفلت وهو أقصى ما يمكن توليده فى الدينامو بسرعته القانونية

و بما أن مقاومة لفات التوازى كبيرة (بند ٦٧) فالتيار الكهربائى يكون صغيراً جداً (وهو الذى يبنى بواسطتـه الفلت) وعلى ذلك فمفقود الضغط فى لفات الاستنتاج بما فيه الفرش يكون بسيطاً جداً يمكن اهماله واعتبار الفلت على طرفى الفرش (ودائرة المصابيح مفتوحة كما قلنـــا) مساوٍ للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى الدينامو

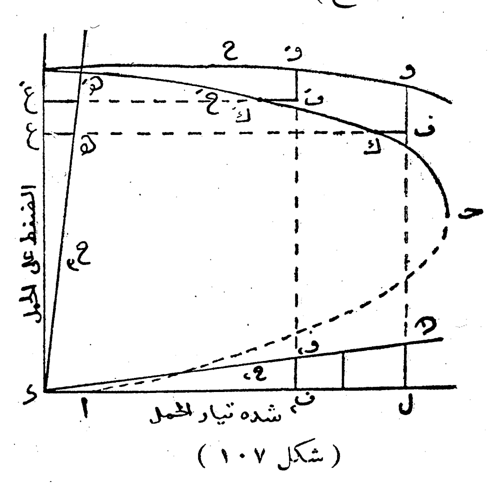
أما اذا وصلنا دائرة المصابيح (بواسطة مفتاح التوصيلة و) فالتيار الكهربائى الخارج من لفات عضو الاستنتاج عن طريق الفرش يزداد بازدياد الحمل للدينامو (وهى المصابيح مثلا) . والضغط على طرفى الفرش (أى على طرفى لفات عضو التوليد) يقل عن قيمته لما كانت دائرة المصابيح مفتوحة بمقدار مفقود الضغط فى مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج فتقل المغناطيسية المتولدة فى الاقطاب (لان تيار عضو التوليد = $\frac{\text{الفلت على الفرش}}{\text{مقاومة لفات عضو التوليد}}$)

مما تقدم نرى أن هبوط الفلت على طرفى الفرش بزيادة شدة تيار الحمل ليس ناتجاً عما يفقد فى الفرش وأسلاك الاستنتاج فقط . بل عن هبوط المغناطيسية فى عضو التوليد

والخط البيانى المرسوم (شكل ١٠٧) يبين شكل المنحنى الخاص الخارجى لهذا النوع

نلاحظ أنه توجد نقطة على المنحنى اذا زاد الحمل عنهـا (وزيادة الحمل

معناها تصغير المقاومة الخارجية بزيادة المصابيح) فالتيار المار فى لفات عضو



(شكل ١٠٧)

التوليد يقل جداً لدرجة أن المغنــاطيسية تهبط هبوطاً كبيراً يعقبه نزول الفلت وكذلك التيار الخارج من الدينامو ويستمر النزول بزيادة عدد المصابيح حتى يقتصر التيار الكهربائى على القيمة الناشئة من الفلت المتولد من المغناطيسية الباقية وهو ا د المبين على الاحداثى الافقى

ولذلك تحمل هذه الديناموات بأحمال لا توصلها الى هذه النقطة ح المسماة بالنقطة الحرجة بل ان أقصى حمل يمكن تحميل هـذا النوع به يجب أن يراعى فيه أن هبوط الفلت على الفرش لا يؤثر كثيراً فى شدة التيار فى عضو التوليد وبالتالى فى التدفق المغناطيسى

لهذا السبب لا يمكن استعماله فى المصابيح القوسية لان قلمى الكربون عند توصيل التيار يكونان متلامسين أى أن دائرة المصابيح تكون فيها قصر فى بدء التوصيل وقد رأينا من المنحنى نتيجة ذلك

ولذلك يمكن اعتبار هذا النوع ثابت الفلت اذا أهملنا مايفقد منه فى مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج (هذا مع تلافى تأثير رد فعل عضو الاستنتاج بالطرق المبينة فى الفصل الاول من الباب الرابع)

ويستعمل هذا النوع فى الدوائر اللازم لها ضغط ثابت مثل المصابيح المتوهجة ومن أهم استعمالها أيضاً شحن البطاريات الثانوية (والأسباب مذكورة فى باب البطاريات الثانوية)

ولرسم المنحنى الخاص الكلى نتبع الطريقة الآتية : —

نفرض أن مقاومة لفات التوليد = ١٦٠ " ومقاومة أسلاك الاستنتاج بما فيها الفرش = ١ر٠ "

نأخذ أى نقطة ن على المنحنى الخاص الخارجى حَ (شكل ١٠٧) وليكن الضغط المقابل لها ٢٠٠ فلت والشدة ٣٠ أمبير

$$\text{فشدة التيــار فى أسلاك عضو التوليد} = \frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{مقاومة اسلاك التوليد}}$$

$$= \frac{\text{٢٠٠ فلت}}{\text{١٦٠ "}} = \text{١ر٢٥ أمبير}$$

وشدة التيار الكلية أى الخارجة من أسلاك الاستنتاج = شدة تيار الحمل + تيار عضو التوليد = ٣٠ + ١ر٢٥ = ٣١ر٢٥ أمبير

وبما أن $\frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{شدة تيار عضو التوليد}}$ = مقاومة لفات التوليد = قيمة ثابتة تقريباً

اذاً لو رسمنا خطاً أفقياً ن ع حتى يتقاطع مع السينات الرأسى فى نقطة ع وأخذنا عليه ع هـ = ١ر٢٥ أمبير (وهى شدة التيار فى عضو التوليد عند ما يكون الضغط ٢٠٠ فلت)

فالخط د هـ عبارة عن منحنى الشدة المنصرفة فى عضو التوليد ح٣

فلو أضفنا ع هـ على امتداد ع ن فالخط ع ف = ٣٠ أمبير + ١ر٢٥ أمبير = الشدة الكلية = ٣١ر٢٥ امبير

نقيم بعـد ذلك الخط الرأسى ف ل فيتقاطع مع السينات الأفقى فى نقطة ل فالخط ل د = الشدة الكلية الخارجة من الفرش

ثم نقيم ل م على هذا المستقيم (ف ل) = مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٣١ر٢٥ أمبير × ١ر " = ٣ر١٢٥ فلت

وبما أن $\frac{\text{مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج}}{\text{الشدة الكلية الخارجة من الفرش}}$ = ١ر" = قيمة ثابتـة تقريباً

اذاً لو وصلنـا ﻫ د ينتج لنـا منحنى مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج ح٢

فلو أضفنا ل ﻫ على امتداد ل ف ينتج الخط ل و = القوة الدافعـــة الـكهربائية المتولدة

اذاً . و . هى احدى نقط المنحنى الخاص الـكلى

فيمكننا بهذه الطريقة ايجاد جميع النقط مثل . و . وبتوصيلها ببعضها ينتج لنا المنحنى الخاص الـكلى ح

هذا المنحنى مهم فى نظر المهندس لانه يبين له مقدار تأثير التيار الـكهربائى الخارج من الدينامو (أى بما فيه تيار عضو التوليد) على القوة الدافعة المتولدة

فاذا كان المنحنى أفقياً أى موازياً للسينات الأفقى فهذا دليل على أن التدفق المغناطيسى لم تتغير قيمته بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج أو بتأثير هبوط التيار الـكهربائى قليلا فى أسلاك عضو التوليد ؟

الدينامو المركب القصير

بند ٧٣ — لفات التوالى فَ فى هذا النوع متصلة بالتوالى مع الحمل

فاذاوصلناهذا النوع بدائرة خارجية (مصابيح كهربائية مثلا) كماهو مبين بشكل ١٠٨ وكانت الدائرة مفتوحة فالفلت المتولد يبلغ أقصى ما يمكن لأن التيـار الـكهربائى يمر من الفرشة الموجبة فى لفات عضو التوليد التوازى ف كما

(شكل ١٠٨)

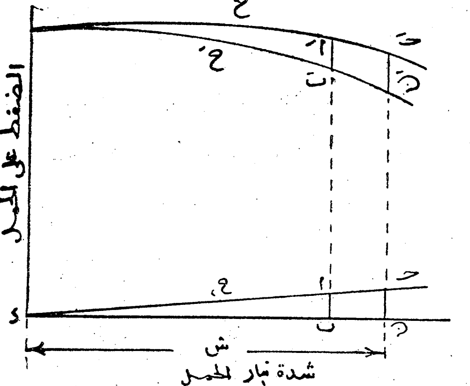
هو الحال فى دينامو التوازى

فاذا وصلنا دائرة المصابيح بواسطة مفتاح التوصيلة فيمكن أن يظل الفلت على طرفى الحمل ثابتاً ومساوٍ للقوة الدافعة المتولدة مهما زاد الحمل اذا كانت المغناطيسية المتولدة حول لفات التوالى فى عند زيادة الحمل تزيد عن المغناطيسية المفقودة حول لفات التوازى نتيجة هبوط التيار الكهربائى فيها بحيث أن الفلت المتولد من هذه الزيادة يساوى ما فقد فى الفرش وأسلاك الاستنتاج

وفى الحقيقة أن الدينامو المركب بنوعيه هو دينامو توازى مع اضافة لفات توالى على عضو التوليد لتعويض المفاقيد كما بينا ذلك. ونلاحظ أن قراءة الفلتمتر الموضوع على طرفى الفرش فى هذا النوع (المركب القصير) اكبر من قراءته اذا وضع على طرفى الحمل بمقدار مافقد فى مقاومة لفات التوالى

اذاً لو وضعنا الفلتمتر على طرفى الفرش يمكننا ايجاد المنحنى الخاص الكلى باعتباره دينامو توازى (فيما يختص بطريقة العمل)

ويستعمل هذا النوع فى الدوائر المستقلة وفى الدوائر ذات المسافات البعيدة حيث فى هذا الاخير تزاد لفات التوالى حتى تعوّض عنما يفقد فى الاسلاك الخارجية أيضاً



(شكل ١٠٩)

والمنحنى المرسوم حِ شكل (١٠٩) عبارة عن المنحنى الخاص الخارجى لهذا النوع

ويمكننا ايجاد المنحنى الذى يجمع بين الضغط على الفرش وشدة تيار الحمل

فلو فرضنا أن س أمبير = شدة التيار لأى حملٍ من الاحمال على المنحنى = د ﺩ مثلا ، م = مقاومة

لفات التوالى ف . فاذا أقمنا من نقطة ﻫ مستقيما ﻫ ﺣ = مفقود الضغط فى لفات التوالى ف . أى = س م فالمستقيم ﺣ د عبارة عن منحنى مفقود الضغط

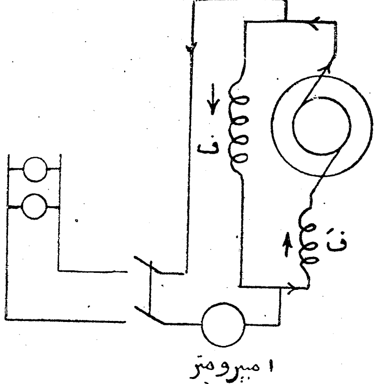
فى لفات التوالى ع٢ (لان $\frac{\text{س م}}{\text{س}}$ = م = قيمة ثابتة تقريباً)

فاذا أضفنا مفاقيد الضغط مثل ﺣ ﻫ على ما يقابلها من الضغط على الحمل على المنحنى الخاص الخارجى مثل ﻫ ﻫَ . ووصلنا النقط الناتجة مثل ﺣَ ، اَ ينتج لنا المنحنى ع الذى يجمع بين الضغط على الفرش وشدة تيار الحمل ومن هذا المنحنى يمكننا ايجاد المنحنى الخاص الكلى بنفس الطريقة المتبعة لايجاد المنحنى الكلى فى دينامو التوازى (شكل ١٠٧)

المركب الطويل

بند ٧٤ — بما أن لفات التوالى فَ فى هذا النوع متصلة بالتوالى مع الفرش (شكل ١١٠)

اذاً لو أضفنا مقاومة هذه اللفات على مقاومة الفرش يمكننا استخراج المنحنى الخاص الكلى من المنحنى الخاص الخارجى بنفس الطريقة الموضحة فى (شكل ١٠٧) للدينامو التوازى



شكل ١١٠

وبما أن التيار الكلى الخارج من هذا النوع يمر على لفات التوالى قبل أن يتوزع على لفات التوازى والحمل فالقوة الدافعة المتولدة ودائرة الحمل مقطوعة تكون أكبر فى المركب الطويل عنه اذا كان قصيراً لان التيار الكهربائى فى لفات توالى هذا الاخير = صفراً مادامت دائرة الحمل مقطوعة

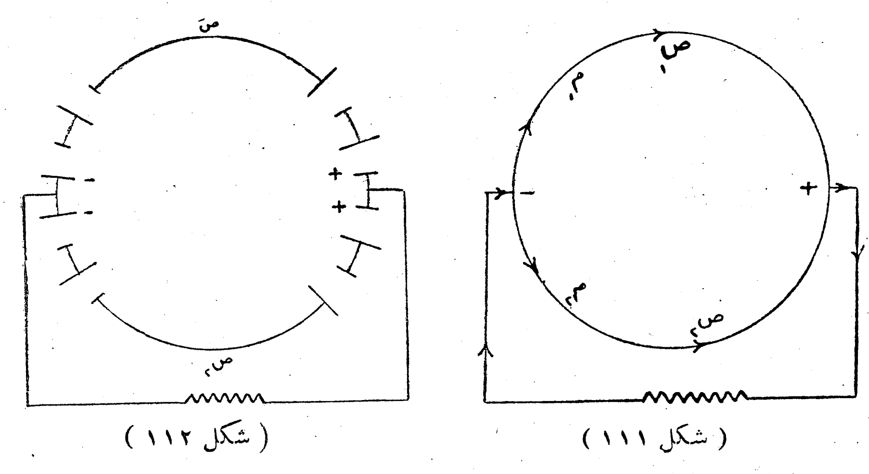
ولكن مفقود الضغط فى لفات التوالى للمركب الطويل أكبر من المفقود فى لفات التوالى اذا كانت التوصيلة مركباً قصيراً لان التيار فى لفات التوالى للاول = تيار الحمل + تيار عضو التوليد

فالفلت على طرفى الاحمال الكبيرة فى المركب الطويل أقل منه فى المركب القصير ولذلك نرى أن المركب القصير أصلح فى الاستعمال من المركب الطويل

القوة الدافعة والمقاومة فى لفات عضو الاستنتاج

بند **٧٥** — يجب أن تتساوى القوات الدافعة الكهربائية المتولدة فى مجموعات اللفات (أو الدوائر) المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة وكذلك مقاوماتها

اذ لو فرضنا أن القوتين الدافعتين المتولدتين فى الدائرتين المكونة منهما لفات عضو استنتاج دينامو ذى قطبين (حيث يكون عدد الدوائر اثنين سواء كانت اللفات تموجية أو انطباقية) غير متساويتين فمثلهما مثل بطاريتين مختلفتين فى القوة الدافعة فيهما ومتصلتين بالتوازى والشكلان **١١١** ، **١١٢** يبينان ذلك



(شكل ١١٢)   (شكل ١١١)

فلنفرض أن صه١ ، صه٢ القوتان الدافعتان المتولدتان فى المجموعتين المبينتين

فاذا كان الدينـامو غير محمـل (أى أن دائرة الحمل مقطوعة) فلا بد من مرور تيار محلى بين المجموعتين بنسبة فرق قوتيهما الدافعـة الـكهربائية وبنسبة

عكسية لمقاومة المجموعتين (قانون أوم) = $\frac{ص_1 - ص_2}{\text{مقاومة المجموعتين}}$

وبما أن مقاومة لفات الاستنتاج يجب أن تكون صغيرة ما أمكن حتى لا يفقد فيها جزء كبير من القوة الدافعة المتولدة (وبالتالى من القدرة الـكلية) كما هو الحال فى المقاومات الداخلية للاعمدة الـكهربائية

اذاً شدة التيار الـكهربائى المحلى ستكون كبيرة

فلو فرضنا أن $ص_1$ = ١٠٢ فلت ، $ص_2$ = ١٠٠ فلت ومقاومة المجموعتين = ٠٥ر٠ أوم

فالتيار الـكهربائى المحلى = $\frac{١٠٢ - ١٠٠}{٠٥ر٠}$ = ٤٠ أمبير

والقدره المنصرفة فى الاسلاك نتيجة هذا التيار = $٤٠^2 \times ٠٥ر٠$ = ٨٠ وات

وهذه القدره المفقوده فضلا عن عدم الانتفاع بها تسبب ارتفاع درجة حرارة الاسلاك لدرجة ربما كانت خطرةً على المادة العازلة حول الاسلاك

أما لو حملنا الدينامو فهناك ثلاثة احتمالات فيما يختص باشتراك المجموعتين فى الحمل

(١) أن تشترك المجموعتان فى الحمل . وهـذا ممكن اذا كانت شدة تيار الحمل تسمح بأن يكون الضغط على طرفى الحمل أصغر من كلٍ من القوتين الدافعتين المتولدتين فى كلتا المجموعتين

(٢) أن تقوم احدى المجموعتين بالحمل كله بينما التيار الـكهربائى فى المجموعة الثانيـة = صفراً وهذا ممكن اذا كان تيـار الحمل يسمح بأن يكون الضغط على طرفيه = القوة الدافعة المتولدة فى هذه المجموعة الثانية

(٣) أن تقوم احدى المجموعتين بالحمل وتعطى تياراً للمجموعة الثانية وهذا

ممكن اذا كان الضغط $ص$ على طرفى الحمل اكبر من القوة الدافعة المتولدة فى هذه المجموعة الثانية (وذلك بتأثير الحمل)

ولتوضيح ذلك نفرض أن تيار الحمل = ١٠٠ امبير ، $ص_1$ = ١٠٠ فلت ، $ص_2$ = ١٠١ فلت و مقاومة كل من المجموعتين = ١ر"

ونفرض أن $س_1$ = شدة التيار فى المجموعة $ص_1$ ، $س_2$ = شدة التيار فى المجموعة $ص_2$

فالضغط على طرفى الحمل الناتج عن المجموعة $ص_1$ = ١٠٠ فلت — $س_1$ × ١ر"

والناتج عن المجموعة $ص_2$ = ١٠١ — $س_2$ × ١ر

وبما أن المجموعتين متصلتان بالتوازى

اذاً ١٠٠ — $س_1$ × ١ر" = ١٠١ — $س_2$ × ١ر"

ولكن $س_1$ + $س_2$ = ١٠٠ أمبير

أى أن $س_1$ = ١٠٠ — $س_2$ ، $س_2$ = ١٠٠ — $س_1$

وبالتعويض ينتج أن

١٠٠ — (١٠٠ — $س_2$) ١ر" = ١٠١ — $س_2$ × ١ر"

أى أن $س_2$ = ٥٥ أمبير

اذاً $س_1$ = ٤٥ أمبير

والضغط $ص$ = ١٠٠ فلت — ٤٥ أمبير × ١ر = ٩٥,٥ فلت

من هذا المثل نرى أن المجموعتين اشتركتا فى الحمل لأن الضغط على طرفى الحمل — أى ٩٥,٥ — أقل من القوة الدافعة لكلتيهما

أما لو كانت شدة تيار الحمل ١٠ أمبير مثلا بدلا من ١٠٠ أمبير

أى أن $س_1$ + $س_2$ = ١٠ ، $س_1$ = ١٠ — $س_2$

فبالتعويض كما فى المسألة السابقة ينتج لنا أن

١٠٠ — (١٠ — $س_2$) ١ر" = ١٠١ — $س_2$ × ١ر"

أى أن $س_2$ = ١٠ أمبير = تيار الحمل

أى أن المجموعة $ص_{٢}$ تعطى جميع تيار الحمل

ويمكن أن نبرهن أن $س_{١}$ فى المجموعة $ص_{١}$ = صفراً فى الفرض الاخير

لأننا اذا عوضنا $س_{٢}$ ينتج لنا أن ١٠٠ — $س_{١}$ × ١ر = ١٠١ — (١٠ — $س_{١}$) ١ر

أى أن ١٠٠ — $س_{١}$ × ١ر = ١٠١ — ١ + $س_{١}$ × ١ر

= ١٠٠ + $س_{١}$ × ١ر

وهذا لا يمكن الا اذا كانت $س_{١}$ = صفرا

كذلك يمكننا أن نبرهن أن الضغط على الحمل $ص$ فى هذه الحالة = القوة الدافعة للمجموعة $ص_{١}$ لأن التيار الكهربائى فيها = صفراً

لان $ص$ = القوة الدافعة للمجموعة $ص_{٢}$ — مفقود الضغط فى لفاتها = ١٠١ — ١٠ × ١ر = ١٠٠ فلت = القوة الدافعة فى المجموعة $ص_{١}$

كذلك يمكننا أن نبرهن بنفس الطريقة أن المجموعة $ص_{٢}$ تعطى تيار الحمل وتياراً محلياً للمجموعة $ص_{١}$ اذا نقص تيار الحمل عن القيمة التى تجعل التيار فى المجموعة $ص_{١}$ = صفراً وفى هذه المسألة هذه القيمة = ١٠ أمبير

من ذلك يتضح أنه يجب أن تكون القوة الدافعة متساوية فى جميع دوائر لفات عضو الاستنتاج منعاً للفقد والحرارة الناتجة عن التيار الكهربائى الموضعى المتسبب من هذا الاختلاف

كذلك اختلاف المقاومات يتسبب عنه اختلاف فى التيار الكهربائى الخارج من كل مجموعة وكذلك فى درجة الحرارة لكل منها وهذا الاختلاف غير مرغوب فيه لأنه يضعف من متانة المادة العازلة

لذلك يجب ايضا ان تكون المقاومات لجميع دوائر لفات عضو الاستنتاج متساوية

الفصل الثالث

تنظيم الفلت المتولد فى الديناموات

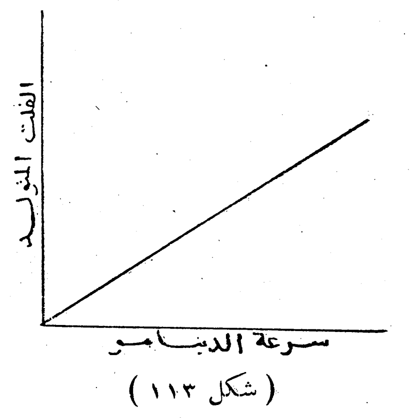
بند **٧٦** — الفلت المتولد فى الدينامو

$$= \left(\frac{\text{٢ز}_{\text{١}} \times \text{١٠}^{-\text{٨}} \times \text{٢ف}}{\text{٦٠} \times \text{ع}} \right) \times \text{د} \times \text{ت} \quad (\text{بند ٥١})$$

وبما أن الأعداد المحصورة بين القوسين ثابتة فى الدينامو

اذاً الفلت المتولد يتناسب مع د×ت . أى مع السرعة × التدفق المغناطيسى

فاذا رسمنا منحنياً بين سرعة الدينامو مقدرةً بعدد الدورات فى الدقيقة والفلت المتولد بحيث أن التدفق المغناطيسى يكون ثابتاً على طول التجربة فالمنحنى يكون خطاً مستقيما (شكل ١١٣)

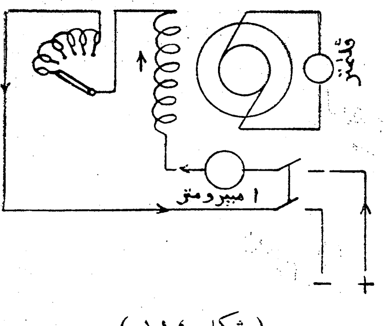


(شكل ١١٣)

ولأجل تثبيت التدفق المغناطيسى يجب وضع مقاومة بالتوالى مع لفات عضو التوليد وبواسطتها نثبت تيار التغذية وعلى ذلك يصير التدفق المغناطيسى ثابتاً

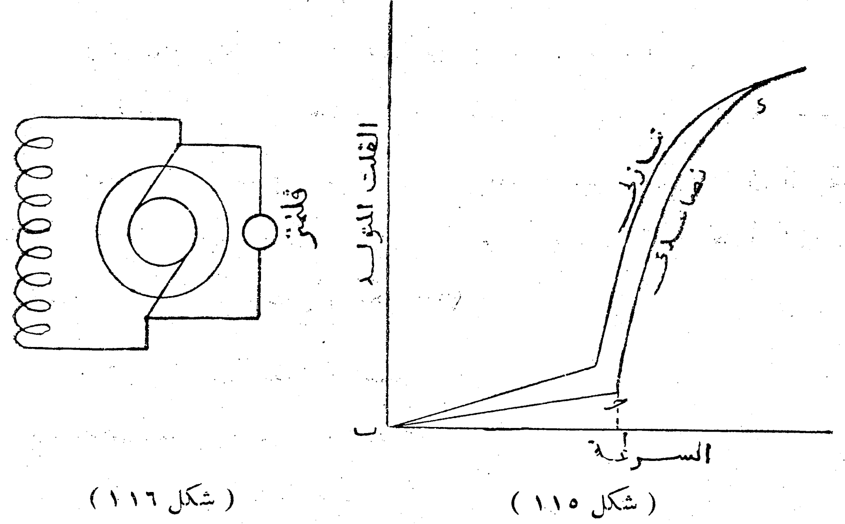
ويستحسن فى هذه التجربة أن تكون تغذية لفات عضو التوليد من الخارج كما هو مبين (بشكل ١١٤) لأنه توجد صعوبة فى تثبيت تيار التغذية اذا كان من نفس الدينامو بتغيير السرعة

والمنحنيان (شكل ١١٥) يبينان العلاقة بين سرعة دينامو توازى (شكل



(شكل ١١٤)

١١٦) والفلت المتولد . أحدهما تصاعدى والآخر تنازلى (وذلك من غير تثبيت تيـار التغذية) وكل منهما مكوّن من ثلاثة درجات ب حـ ، حـ د ومابعد نقطة د فالأولى منهما تبين أن الفلت المتـولد بسيط جداً الى أن تصل السرعة الى ما بعد نقطة ا حيث يرتفع الفلت بسرعة لأن التغذية أصبحت كافية لذلك ولـكن المنحنى يتقوس تدريجياً لقرب تشبع الاقطاب الى أن يصل لنقطة مثل د. وهى



(شكل ١١٦) (شكل ١١٥)

النقطة التى تشبعت فيها الاقطاب بالمغناطيسية . فالمنحنى من حـ الى د عبارة عن الدرجة الثانية

وبما أن الاقطاب تشبعت فالدرجة الثالثة وهى المنحنى المرسوم بعد نقطة د يتناسب فيه الفلت مع السرعة لأن المغناطيسية ثابتة لتشبع الاقطاب كما قلنا

وبديهى أن المنحنى التنازلى لا ينطبق على التصاعدى بل أن الفلت المتولد فيه يكون اكبر بمقدار المغناطيسية الباقية فى الاقطاب عند النزول بالسرعة

من هـذه المنحنيات السابقة نستنتج أننا يمكننا تنظيم الفلت المتولد بتغيير

سرعة المحرك الميكانيكى المستمد منه الحركة

ولكن هذه الطريقة غير عملية خصوصاً وأن المحركات الميكانيكية مثل التربينات وآلات ديزل لها سرعة محدودة يجب أن لا تتعداها ومع ذلك فالدينامو نفسه مصمم على سرعة محدودة أيضاً . هذا من جهة ومن جهة أخرى فالمهندس الكهربائى القائم بتنظيم الفلت سيصبح مقيداً فى تنظيم فلت الديناموات التى تحت ادارته بتنظيم سرعة المحركات الميكانيكية التى فى غالب المحطات ليست من اختصاصه

منحنى التمغطس فى الديناموات

بند ٧٧ — قلنا أن الفلت المتولد يتناسب مع السرعة × المغناطيسية

فاذا رسمنا منحنياً بيانياً بين التدفق المغناطيسى فى الاقطاب و بين الفلت المتولد مع تثبيت السرعة أثناء التجربة يمكننا معرفة العلاقة بينهما ولكن المغناطيسية المتولدة فى الديناموات تتناسب مع أمبير لفات عضو التوليد الى أن تقرب الاقطاب لدرجة التشبع

و بما أن لفات عضو التوليد ثابتة

اذاً يمكننا أن نرسم المنحنى بين تيار التغذية فى لفات عضو التوليد والفلت

والمنحنى المرسوم (شكل ١١٧) يبين العلاقة بين الفلت المتولد لدينامو مغذّى من الخارج (احداثى رأسى) وشدة تيار التغذية (احداثى أفقى) وهذا الاخير يمكن تغييره بواسطة مقاومة متصلة بالتوالى مع لفات عضو التوليد (شكل ١١٤)

نلاحظ من هذا المنحنى أنه يحتمل أن يبدأ من الصفر

أى أن الفلت المتولد = صفراً عندما يكون التيار الكهربائى المغذى للفات عضو التوليد = صفراً

وذلك اذا لم توجد مغناطيسية باقية قبل توصيل تيار التغذية

ويحتمل أن يتولد فلت صغير مثل د هـ قبل توصيل تيار التغذية ناتج عن وجود مغناطيسية باقية

كذلك نلاحظ أن المنحنى بين ا ب خط مستقيم وذلك لان المغناطيسية المتولدة وبالتالى الفلت المتولد يتناسب مع شدة تيار التغذية الى أن يصل المنحنى لنقطة ا مثلا حيث تبدأ الاقطاب فى التشبع فيتقوس المنحنى الى أن يصل لنقطة مثل حـ حيث تصل الاقطاب لدرجة التشبع وبعدها يصير المنحنى خطاً أفقياً أى موازٍ للسينات الافقى لان المغناطيسية وبالتالى الفلت المتولد يصير ثابتاً مهما زاد تيار التغذية لتشبع الاقطاب كما قلنا

(شكل ١١٧)

والحقيقة أن هذا المنحنى ينطبق شكلاً مع منحنى التمغطس لحديد عضو التوليد اذا أوجدناه بالطرق المبينة فى بند ٢٨ ، بند ٢٩

بل يمكننا أن نعين منحنى التمغطس شكلا وموضوعاً لان الفلت المتولد

$$= \frac{\text{٢ ز}_{١} \times \text{١٠}^{-٨} \times \text{٢ ف} \times \text{د}}{\text{٦٠} \times \text{ع}} \times \text{ت}$$

أى أن التدفق المغناطيسى ت لكل قطب

$$= \text{الفلت المتولد} \times \frac{\text{٦٠} \times \text{ع}}{\text{٢ ز}_{١} \times \text{١٠}^{-٨} \times \text{٢ ف} \times \text{د}}$$

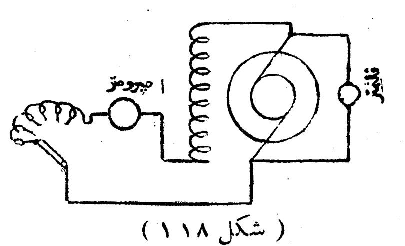
وبما أننا اشترطنا فى عمل هذه التجربة أن تكون السرعة د ثابتة

$$\text{اذاً فالكسر} = \frac{\text{٦٠} \times \text{ع}}{\text{٢ ز} \times \text{١٠}^{-٨} \times \text{٢ ف} \times \text{د}} = \text{عدداً ثابتاً} = \text{ك مثلا}$$

فاذا قدرناه ورسمنا المنحنى بين الفلت المتولد × ے وبين تيار التغذية ينتج لنا منحنى التمغطس المطلوب

غير أن الفرق بين هذا المنحنى وبين منحنى التمغطس المبين فى بند ٢٨ و بند ٢٩ أن الاول يبين العلاقة بين التدفق المغناطيسى لكل قطب والتيار الكهربائى أو الامبير لفات المتولدة لهذا التدفق ولكن الثانى يبين العلاقة بين الكثافة المغناطيسية ك وقوة التيار المغناطيسية كه أو الامبير لفات المولدة لها

والشكل ١١٨ يبين كيفية توصيل دينامو التوازى لايجاد هذا المنحنى فبواسطة المقاومة م الموضوعة بالتوالى مع لفات عضو التوليد يمكننا تغيير شدة تيار التغذية. والامبير ومتر الموضوع فى دائرة التغذية يبين لنا ذلك



(شكل ١١٨)

أما فى دينامو التوالى فبما أن المنحنى الخاص الكلى له ح (شكل ١٠٥) يبين العلاقة بين الفلت المتولد فيه والتيار الكلى الخارج منه وبما أن التيار الكلى هو نفس تيار التغذية

اذاً يمكننا اعتبار المنحنى الخاص الكلى لهذا النوع منحنى التمغطس له أيضاً

مما تقدم نرى أنه يمكننا تنظيم الفلت المتولد فى أى دينامو بواسطة تغيير تيار التغذية وذلك بواسطة مقاومة توضع بالتوالى مع لفات عضو التوليد اذا كان الدينامو مغذى من الخارج أودينامو توازى (شكل ١١٤ و١١٨). وتصمم هذه المقاومة بحيث أنها تكون أقصى ما يمكن عند ما يكون الدينامو غير محمل وبذلك يمكن رفع الفلت المتولد اذا هبط الضغط على الحمل. وتوضع بالتوازى مع لفات عضو التوليد اذا كان الدينامو توالى كما فى شكل ١١٩ وتصمم بعكس المقاومة السابقة. غير أنه يجب عدم قطع قيمة المقاومة المبدئية كلية والا تحول التيار المبدئى كله فيها وينتج عن ذلك عدم تغذية عضو التوليد

وهذه الطريقة فى تنظيم الفلت المتولد هى المستعملة فى الدوائر الكهربائية تماماً

ملحوظة — اذا رجعنا بمنحنى التمغطس لأى نوع من الأنواع السابقة من الديناموات تنازلياً فبـديهى أن هذا المنحنى التنازلى لا ينطبق على المنحنى الاول التصاعدى بل يعلو عنه بمقدار المغناطيسية البـاقية كما هو الحال فى منحنى السرعة (شكل ١١٥)

(شكل ١١٩)

مسائل محلولة عن الباب الثالث

دينامو مركب يعطى ٢٠٠ كيلووات على ضغط ٤٠٠ فلت . فاذا كانت مقاومة لفات التوالى ٠ر٠٢٤" ومقاومة لفات التوازى ١٠٠" وكان مفقود الضغط فى الفرش ٢ ٪ من الضغط على الحمل (٤٠٠ فلت) ومقاومة لفات الاستنتاج ٠ر٠٤" فالمطلوب تقدير القوة الدافعة المتولدة (ا) اذا كان مركباً قصيراً (ب) اذا كان مركباً طويلاً

الحل .

مركب قصير

$$\text{شدة تيار الحمل} = \frac{\text{خرج الدينامو بالوات}}{\text{الضغط على الحمل}} = \frac{٢٠٠٠٠٠}{٤٠٠}$$

= ٥٠٠ أمبير

وبما أن المركب قصير فشدة التيار المارة فى لفات التوالى = تيار الحمل = ٥٠٠ أمبير

اذاً الضغط المنصرف فى لفـات التوالى = ٥٠٠ أمبير × ٠ر٠٢٤" = ١٢ فلت

الضغط على الفرش = الضغط على الحمل + مفقود الضغط فى لفـات التوالى = ٤٠٠ فلت + ١٢ فلت = ٤١٢ فلت

شدة التيار فى لفات التوازى = (الضغط على الفرش) / (مقاومة لفات التوازى) = (٤١٢ فلت) / (١٠٠ ")

= ٤,١٢ أمبير

شدة التيار الكلية = تيار الحمل + تيار لفات التوازى = ٥٠٠ أمبير + ٤,١٢ أمبير = ٥٠٤,١٢ أمبير

مفقود الضغط فى لفـات الاستنتـاج = ٥٠٤,١٢ أمبير × ٠,٠٤ "

= ٢٠,١٦ فلت

مفقود الضغط فى الفرش = (٢ / ١٠٠) × ٤٠٠ = ٨ فلت

اذاً مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج

= ٢٠,١٦ + ٨ = ٢٨,١٦ فلت

القوة الدافعة المتولدة = الضغط على الفرش + مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٤١٢ + ٢٨,١٦ = **٤٤٠,١٦** فلت

(ب) مركب طويل

فى المركب الطويل طرفا الفرش متصلان مباشرة بالحمل

اذاً الضغط على طرفى الفرش = ٤٠٠ فلت

شدة التيار فى لفات التوازى = (٤٠٠ فلت) / (١٠٠ ") = ٤ أمبير

شدة التيار الكلية أى الخارجة من لفات الاستنتاج

= ٥٠٠ أمبير + ٤ أمبير = ٥٠٤ أمبير

وبما أن الدينـامو مركب طويل فلفات التوالى يمر فيها التيار الكلى أى تيار الحمل + تيار لفات التوازى = ٥٠٤ أمبير

اذاً مفقود الضغط فى لفـــات التوالى = ٥٠٤ أمبير × ٠,٠٢٤ "

= ١٢,٠٩ فلت

وفى لفات الاستنتاج = ٥٠٤ أمبير × ٠٤," = ٢٠,١٦ فلت

اذاً الضغط المنصرف فى لفات التوالى + المنصرف فى لفات الاستنتاج

+ المنصرف فى الفرش = ١٢,٠٩ + ٢٠,١٦ + ٨ = ٤٠,٢٥ فلت

اذاً القوة الدافعة المتولدة = ٤٠٠ فلت + ٤٠,٢٥ = **٤٤٠,٢٥** فلت

ملحوظة — من هذا المثل يتضح لنا أن هبوط الفلت فى المركب الطويل (٤٠,٢٥ فلت) اكبر منه فى المركب القصير (٢٠,١٦ فلت) مع أن الحمل فى كليهما لم يتغير وكذلك مقاومات اعضائهما . ولهذا السبب يفضل استعمال القصير عن الطويل كما سبق قلنا ذلك

(٢) دينامو مغذى من الخارج ويدور بسرعة ٣٠٠ دورة فى الدقيقة ويعطى تياراً كهربائياً للدائرة الخارجية = ٤٠ أمبير بضغط ١٠٠ فلت . فاذا كانت مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٠٥," وارتفعت سرعته الى ٤٠٠ دورة فى الدقيقة . فما هى القوة الدافعة المتولدة منه على هذه السرعة الأخيرة مع العلم أن تغذية الاقطاب ثابتة فى كلتا السرعتين وكذلك مقاومة الدائرة الخارجية (أى دائرة الحمل) . وماهى شدة تيار الحمل فى الحالة الثانية اذا تساوى الحمل فى الحالتين

الحل

القوة الدافعة صه المتولدة فى الدينامو

$$= ت \times \frac{ى}{٦٠} \times ٢ز_١ \times \frac{٢ف}{ع} \times ١٠^{-٨} \text{ فلت}$$

$$\text{اذاً } ى = \frac{صه}{ت} \times \frac{ع \times ٦٠}{٢ز_١ \times ٢ف \times ١٠^{-٨}} = \frac{صه}{ت} \times \text{عدد ثابت}$$

والقوة الدافعة المتولدة صه = الضغط على الحمل + مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج

= ١٠٠ فلت + ٠٥," × ٤٠ أمبير = ١٠٢ فلت

اذاً ٣٠٠ = $\frac{١٠٢}{ت}$ × عدد ثابت

و ٤٠٠ = $\frac{ص_١}{ت_١}$ × عود ثابت . بفرض أن ص١ = القوة الدافعة على ٤٠٠ دورة فى الدقيقة و ت١ التدفق المغناطيسى لكل قطب فى هذه الحالة

وبما أن التغذية ثابتة فى الحالتين

اذاً ت١ = ت

اذاً ٣٠٠ = $\frac{١٠٢}{ت}$ × عدد ثابت

و ٤٠٠ = $\frac{ص_١}{ت}$ × عدد ثابت

اذاً $\frac{٤٠٠}{٣٠٠} = \frac{ص_١}{١٠٢}$

اذاً ص١ = $\frac{٤٠٠ \times ١٠٢}{٣٠٠}$ = ١٣٦ فلت

مقاومة الحمل = $\frac{\text{الضغط على الحمل}}{\text{شدة تيار الحمل}} = \frac{\text{١٠٠ فلت}}{\text{٤٠ امبير}}$ = ٢٫٥"

و شدة التيار فى الحالة الثانية = $\frac{\text{القوة الدافعة فى هذه الحالة}}{\text{المقاومة الكلية}}$

= $\frac{١٣٦}{٢٫٥" + ٠٫٠٥"}$ = ٥٣٫٣ أمبير

(٣) دينامو توازى يعطى ٢٠ أمبير للدائرة الخارجية على ضغط ١١٠ فلت

فاذا كانت مقاومة لفات عضو التوليد = ١٠٠" ومقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٠,١" فما هى القوة الدافعة المتولدة

وهل هذه القوة الدافعة المستخرجة من المسألة مساوية للقوة الدافعة التى يقرأها فلتمتر موضوع على طرفى الفرش ودائرة الحمل مفتوحة ؟

الحل . —

القوة الدافعة المتولدة = الضغط على الفرش (أو على الحمل) + مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج

ومفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = شدة التيار الكلية أى الخارجة من الفرش × مقاومة الفرش واسلاك الاستنتاج

وشدة التيار الكلية = تيار الحمل + التيار المار بلفات عضو التوليد

$$\text{شدة التيار المارة بلفات عضو التوليد} = \frac{\text{١١٠ فلت}}{\text{١٠٠"}} = \text{١,١ أمبير}$$

اذاً شدة التيار الكلية = ١,١ أمبير + ٢٠ أمبير = ٢١,١ أمبير

اذاً مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج = ٠,١" × ٢١,١ أمبير

= ٢,١١ فلت

اذاً القوة الدافعة الكهربائية = ١١٠ فلت + ٢,١١ فلت = ١١٢,١١ فلت

اذاً القوة الدافعة التى يقرأها فلتمتر موضوع على طرفى الفرش والدائرة مفتوحة تكون أكبر من المقدّرة (وهى ١١٢,١١) بمقدار تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على التدفق المغناطيسى أثناء وجود الحمل وهو المبين فى بند ٨١

تمرينات عن الباب الثالث

(١) النتائج الآتية أخذت أثناء عمل تجربة على دينامو توالى

أمبير الحمل ٠ — ١٠ — ٢٠ — ٣٠ — ٤٠ — ٥٠ — ٦٠ — ٧٠ — ٨٠

فلت الحمل ٣ — ٤٦ — ٧٣ — ٨٣ — ٨٨ — ٩٢ — ٩٥ — ٩٤ — ٩٤

فاذا كانت مقاومة لفات التوالى = ١ر" ، مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج = ١ر" فالمطلوب رسم المنحنى الخاص الكلى مع ايجاد مقاومة الحمل عند نقطة التشبع

(٢) النتائج الآتية أخذت أثناء عمل تجربة على دينامو توازى

أمبير الحمل ٠ — ٥ — ١٠ — ١٥ — ٢٠

فلت الحمل ١١٠ — ١٠٧ — ١٠٢ — ٩٢ — ٧٨

فاذا كانت مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٢ر" ومقاومة لفات التوليد = ٢٠٠" فالمطلوب رسم المنحنى الخاص الكلى للدينامو

(٣) دينامو توازى مقاومة عضو استنتاجه = ٠٢١ر" ومقاومة لفات التوليد = ٧٠" . فاذا كان الضغط الكهربائى على الفرش ١١٠ فلت لما كان التيار الكلى (أى فى أسلاك الاستنتاج) = $\frac{٤}{٧}$٨١ أمبير فما هى شدة تيار الحمس وما هى القوة الدافعة المتولدة

(٤) دينامو مركب يخرج ٢٠٠ أمبير للدائرة الخارجية اذا كان الضغط على طرفى الفرش = ١٠٥ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش = ٠٢٤٤ر" ومقاومة لفات التوليد التوالى = ٠٠٢٥ر" وشدة التيار فى لفات التوازى = ١٫٩٢ أمبير

فالمطلوب ايجاد (١) مقاومة الحمل (٢) مقاومة لفات التوازى (٣) التيار الكهربائى فى أسلاك الاستنتاج (٤) القوة الدافعة المتولدة

أولا — اذا كان مركباً قصيراً ، ثانياً — اذا كان مركباً طويلا

(٥) مولد توازى يولد ٢٠٠ فلت وشدة تيار الحمل = ٢٠٠ أمبير ومقاومة لفات أقطابه = ١٠٠"

فما مقدار (١) الفلت المفقود فى لفات الاستنتاج بما فيه الفرش (٢) شدة التيار الكلية (٣) مقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش

اذا فرض أن الضغط على الفرش وهو محمل = $\frac{٩}{١٠}$ من الفلت المتولد

(٦) اشرح مع الرسم أنواع الديناموات بالنسبة لتغذية أقطابها مع شرح امتياز كل نوع والدوائر التى يستعمل فيها كل منها

(٧) دينامو يدور فى اتجاه مخصوص ويراد عكس حركته (بعكس حركة الآلة المستمد منها حركته) فما هو التغيير اللازم لضمان توليد الفلت (١) اذا كان دينامو مغذى من الخارج (٢) دينامو توازى (٣) دينامو توالى

(٨) ما السبب فى عدم استعمال دينامو التوازى فى انارة المصابيح القوسية وما هو النوع المناسب لذلك . علل اجابتك بالرسم

(٩) ما الفرق بين منحنى التمغطس لدينامو وبين هذا المنحنى لحلقة من الحديد . اشرح كيفية ايجاد هذا المنحنى فى الحالة الاولى عملياً مع رسم الدائرة لذلك

(١٠) كيف تنظم الفلت المتولد فى الدينامو (١) اذا كان من نوع التوالى (٢) اذا كان من نوع التوازى

(١١) اذا كانت مقاومة لفات استنتاج دينامو خرجه ١٥٠٠ كيلووات من النوع المركب القصير هى ٠٠٤٢," وضغطه على هذا الخرج ٦٠٠ فلت ومقاومة لفات التوازى ٥٣" ولفات التوالى ٠٠٠٧٦," وكان الضغط المنصرف فى الفرش ٢,٥ فلت

فالمطلوب ايجاد الجودة الكهربائية

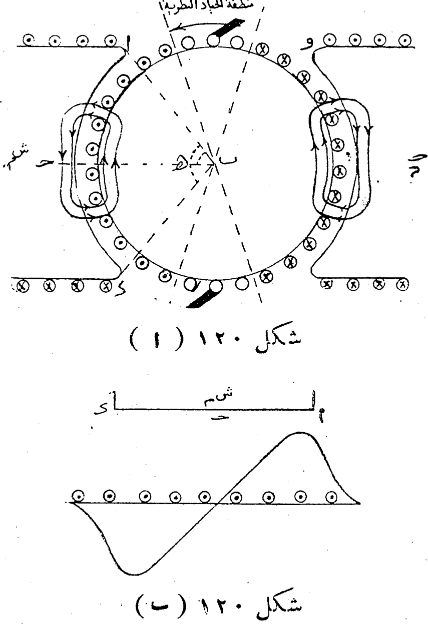
الباب الرابع

الانفعالات الداخلية فى الدينامو وتأثيرها فى الخارج

الفصل الأول

رد فعل عضو الاستنتاج

بند **٧٨** — الاشكال الاربعة المبينة عبارة عن دينامو ذى قطبين (تسهيلا للايضاح) مبين فيه عضو استنتاجه وقطاعات الاسلاك الملفوفة حوله وكذلك قطبا عضو توليده وقطاعات أسلاك التغذية حولها. واتجاه حركة دوران عضو الاستنتاج مبين بالسهم المرسوم.



شكل ١٢٠ (١)

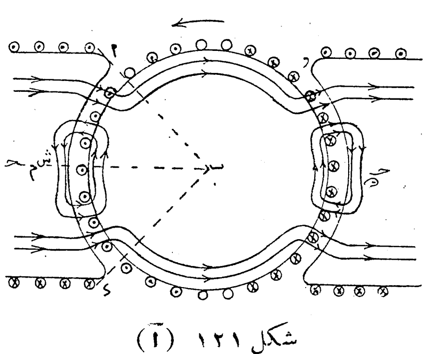
شكل ١٢٠ (ب)

فالشكل ١٢٠ (١) يبين سير الخطوط المغناطيسية المواجهه للقطبين نتيجة توليد تيار كهربائى فيها معروف اتجاهه (وذلك بتطبيق قانون فلمنج) واتجاه سير هذه الخطوط مبين بعد تطبيق قانون قبضة اليد اليمنى أو قانون البريمة

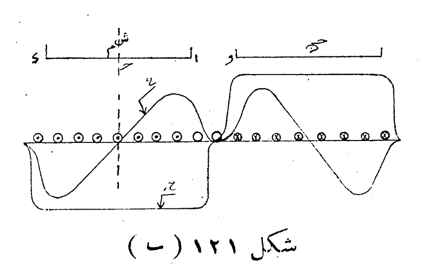
نلاحظ أن اتجاه سير هذه الخطوط المغناطيسية فى الثغرة الهوائية بين الزاوية حـ ب ١ (وهى منتصف الزاوية هـ المقابلة لوجه القطب من مركز الدوران ب) بعكس اتجاه سيرها

بين الزاوية حـ ب د . والشكل ١٢٠ (ب) يبين شكل المنحنى البيانى لسير هذه الخطوط

وشكل ١٢١ (ا) يبين اتجاه سير الخطوط المغناطيسية الناتجة من التيار الكهربائى فى أسلاك عضو التوليد وعضو الاستنتاج معاً (واتجاه سير التيار فى اسلاك عضو التوليد مبين فرضاً فى القطاعات بحيث أن القطبين يتمغطسان كما هو موضح)



شكل ١٢١ (ا)



شكل ١٢١ (ب)

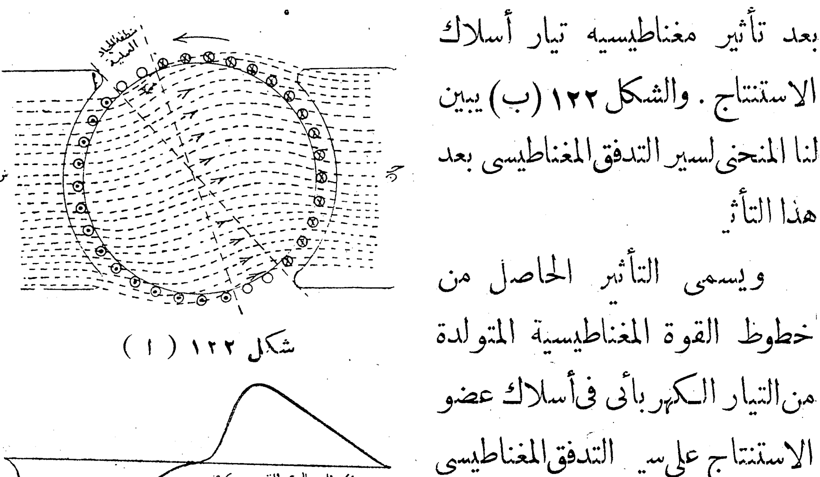
نلاحظ أن اتجاه سير الخطوط المغناطيسية لتيار أسلاك عضو الاستنتاج المحصورة بين الزاوية حـ ب د فى اتجاه الخطوط المغناطيسية لأقطاب عضو التوليد . بينما فى الزاوية حـ ب ا مضادة لها . وبما أن مقدار المساعدة مساوية لمقدار الاضعاف تقريباً فالنتيجة أن التدفق المغناطيسى بين ا ب د (أى على طول وجه القطب) لا يتغير عدد خطوطه بل يتغير سيرها اذ تتزاحم بين الزاوية حـ ب د — لمساعدة مغناطيسية التيار الكهربائى فى أسلاك عضو الاستنتاج لمغناطيسية عضو التوليد فى هذه المنطقة — حتى تتشبع هذه المنطقة من المغناطيسية فيهرب جزء ليس بالقليل من الخطوط — بعد الوصول لدرجة التشبع — خارج المنطقة حـ ب د . أى فى جزء كبير من الفراغ الذى بين طرف القطب (د) والطرف المقابل له فى ناحيه الدوران للقطب الآخر

وبالعكس فى المنطقة حـ ب ا حيث يضعف التدفق المغناطيسى للاقطاب لمعاكسة مغناطيسية التيار فى أسلاك عضو الاستنتاج له . والشكل ١٢١ (ب) يبين شكل المنحنيين البيانيين لسير الخطوط المغناطيسية لتيار أسلاك الاستنتاج

ع (وهو المنحنى المبين فى شكل ١٢٠ (ب)) والتدفق المغناطيسى للقطب ح َ وذلك قبل أنْ يحصل أى تأثير من الاول على الثانى

والشكل ١٢٢ (ا) يبين سير الخطوط المغناطيسية لأقطاب عضو التوليد بعد تأثير مغناطيسيه تيار أسلاك الاستنتاج . والشكل ١٢٢ (ب) يبين لنا المنحنى لسير التدفق المغناطيسى بعد هذا التأثير

ويسمى التأثير الحاصل من خطوط القوة المغناطيسية المتولدة من التيار الكهربائى فى أسلاك عضو الاستنتاج على سير التدفق المغناطيسى لاقطاب عضو التوليد برد فعل عضو الاستنتاج



شكل ١٢٢ (ا)

شكل ١٢٢ (ب)

نتيجة رد فعل عضو الاستنتاج

بند ٧٩ — نلاحظ أن جزءاً كبيراً من المنطقة التى على يمين الطرف (د) أصبح بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج مغموراً بخطوط قوة مغناطيسية من أقطاب عضو التوليد (شكل ١٢٢) (ا) . فأسلاك عضو الاستنتاج المحصورة فى هذه المنطقة سيتولد فيها قوة دافعة كهربائية لانها تقطع أثناء سيرها فى هذه المنطقة خطوط القوة الهاربة الناتجة عن رد فعل عضو الاستنتاج

وبما أن الفرش يجب أن توضع على قطاعات عضو التوحيد المتصلة باللفات فى المنطقة المحايدة أى التى لا يتولد فيها أى قوة دافعة . وذلك لاسباب مذكورة فى الفصل الثانى من هذا الباب

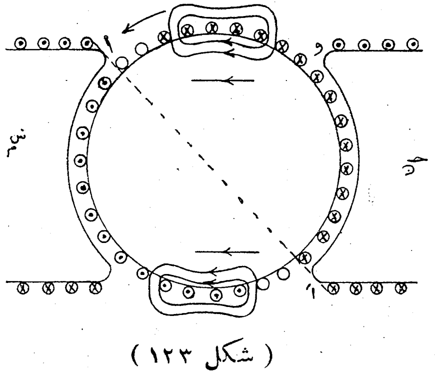
وان هذه المنطقة قد تغير وضعها بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج فتقدمت فى ناحية الدوران (كما هو واضح من الاشكال السابقة) قريبة من طرف القطب الشمالى . ا . شكل ١٢٢ (ا)

اذاً نقدم الفرشة فى ناحية الدوران الى أن توضع فى منطقة الحياد الحقيقة وتسمى هـذه المنطقة بمنطقة الحياد العملية . أما منطقة الحياد قبل تأثير رد فعل عضو الاستنتاج وهى المحصورة فى منتصف الفراغ بين القطبين و ا . شكل ١٢١ (ا) فتسمى بمنطقة الحياد النظرية

تأثير وضع الفرشة فى منطقة الحياد العملية على التدفق المغناطيسى

بنـد ٨٠ — قلنا أن الاسلاك المحصورة فى منطقة الحياد النظرية تولدت فيها قوة دافعة كهربائية نتيجة قطعها للخطوط المغناطيسية الهاربة بتأثير رد فعل عضو الاستنتاج فى هذه المنطقة

ولو طبقنا قانون فلمنج على سير التيار الكهربائى فيها بعد تقديم الفرش فاتجاه التيار الكهربائى فى هذه المنطقه هو كالمبين فى شكل ١٢٣ و بتطبيق قانون قبضة اليد اليمنى أو قانون البريمة لمعرفة اتجاه خطوط القوه المغناطيسية المتولدة حول هـذه الاسلاك نتيجة التيار الكهربائى فيها نجد أن سيرها يتعارض مع سير التدفق المغناطيسى للاقطاب (شكل ١٢٣) فهى مضعفة للتدفق المغناطيسى وبالتالى مضـعفة للقوة



(شكل ١٢٣)

الدافعة المتولدة . وهذا التأثير متوقف طبعاً على شدة التيار فى أسلاك الاستنتاج أى على الحمل المحمل به الدينامو . فكلما زاد الحمل كلما قلت القوة الدافعة المتولدة نتيجة الامبير لفات أو المغناطيسية المتولدة فى منطقة الحياد النظريه

تقدير الامبيرلفات المضعفة للتدفق المغناطيسى

بند ٨١ — اللفات التى بين الزاوية و ب ا (شكل ١٢١ (ا)) هى اللفات المضعفة للتدفق المغناطيسى اذ تولد فيها تيار نتيجة رد فعل عضو الاستنتاج (بند ٧٩) ويمكن تقدير الامبير لفات المضعفة كالآتى

نفرض أن $ف_١$ = عدد هذه اللفات ، ف = عدد اللفات الكلية لعضو الاستنتاج .

، $س_١$ = شدة التيار فى كل سلك

، س = شدة التيار الكلية الخارجة من عضو الاستنتاج

، ع = عدد دوائر أو مجموعات لفات عضو الاستنتاج المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة المتولدة (بند ٦٠)

$$\text{شدة التيار } س_١ \text{ فى كل سلك} = \frac{\text{الشدة الكلية}}{\text{عدد الدوائر}} \quad \text{(راجع بند ٦٠)}$$

$$= \frac{س}{ع}$$

$$\text{عدد اللفات لكل درجة على محيط عضو الاستنتاج} = \frac{ف}{٣٦٠^\circ}$$

وبما أن الزاوية المحصورة فيها اللفات المضعفة هى و ب ا شكل ١٢١ (ا)

$$\text{اذاً عدد اللفات المضعفة} = \frac{ف}{٣٦٠} \times \text{الزاوية و ب ا} = ف_١$$

$$\text{اذاً الأمبير لفات المضعفة } س_١ ف_١ = \frac{ف}{٣٦٠} \times \text{الزاوية و ب ا} \times \frac{س}{ع}$$

أى أن تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على الفلت المتولد يتناسب مع شدة التيار الكلية

مثال ذلك

اذا كانت زاوية تقدم الفرش من منطقة الحياد النظرية الى منطقة الحياد العملية لدينامو ٣٣ كيلووات هى ٧° فما هى الامبير لفات المضعفة للمغناطيسية مع العلم أن أقصى حمل = ٦٠ أمبير وعدد الدوائر المتصلة بالتوازى = ٢ وعدد اللفات = ٣٦٢

$$\text{س}_1\text{ف}_1 = \frac{\text{ف}}{٣٦٠} \times \text{الزاوية و ب ا} \times \frac{\text{س}}{\text{ح}} = \frac{٣٦٢}{٣٦٠} \times ٢ \times ٧^\circ \times \frac{٦٠}{٢}$$

= ٤٢٠ أمبير لفه

ملحوظة — الزاوية و ب ا = ضعف زاوية التقدم للفرشة = ٢ × ٧°

اضعاف تأثير رد فعل عضو الاستنتاج

بند ٨٢ — من أهم الطرق المستعملة لأضعاف تأثير رد فعل عضو الاستنتاج على القوة الدافعة المتولدة نتيجة هروب المغناطيسية وتسربها فى منطقة الحياد النظرية طريقتان — الاولى وهى استعمال أقطاب صغيرة تسمى بالأقطاب المساعدة توضع بين الاقطاب الاصلية أى فى منطقة الحياد النظرية وتوصل لفات تغذيتها بالتوالى مع الفرش. فالمغناطيسية المتولدة فى هذه الاقطاب تولد قوة دافعة كهربائية فى الاسلاك على عضو الاستنتاج القاطعة لها أثناء الحركة. فاذا كانت هذه القوة الدافعة المتولدة مساوية ومضادة لما يتولد فيها نتيجة قطعها للخطوط الهاربة فمحصلة القوتين فى هذه الاسلاك تساوى صفراً. وعلى ذلك تصبح هذه الاسلاك خالية من القوة الدافعة المتولدة كما كانت قبل تأثير رد فعل عضو الاستنتاج. أى أن منطقة الحياد لم تتقدم عن موضعها الاصلى بين كل قطبين أصليين

ولأجل الوصول الى هذه النتيجة يجب (١) أن تتساوى أمبير لفات

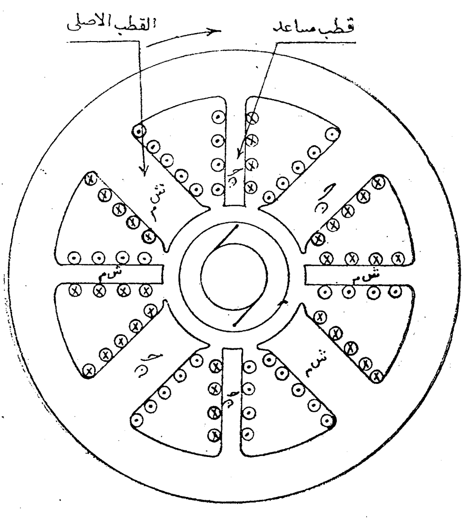
الاقطاب المساعدة بالامبير لفات المضعفة وهى المحصورة بين الزاوية و ب ا شكل ١٢١ (ا) وهى التى قدرناها فى بند ٨١

وبما أن تأثير رد فعل عضو الاستنتاج يتناسب مع التيار الكهربائى الكلى الخارج من الفرش (بند ٨١)

اذاً يجب أن نصل لفات التغذية للاقطاب المساعدة بالتوالى مع الفرش كما قلنا

(٢) يجب أن يكون نوع القطب المساعد مثل القطب الاصلى الذى يليه فى ناحية الدوران فالفلت المتولد فى اللفات المقابلة له نتيجة قطعها للتدفق المغناطيسى الناتج عن هذا القطب المساعد تكون بعكسها فى اللفات المقابلة للقطب الاصلى السابق له فى ناحية الدوران وهو المطلوب

وشكل ١٢٤ مبين فيه الاقطاب الاصلية والمساعدة واتجاه التيار فيهما



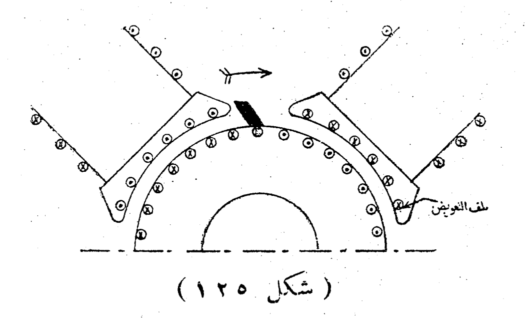
(شكل ١٢٤)

الطريقه الثانية

بدلا من الاقطاب المساعدة يمكن اضافة لفات فى نفس الاقطاب الأصلية وهذه اللفات توصل بالتوالى مع الفرش كما هو الحال فى لفات الاقطاب المساعدة وتقدر الامبير لفات بنفس الطريقة التى تقدر بها الامبير لفات فى الاقطاب

المساعدة . و بما أن مهمتها هى توليد تدفق مغناطيسى يعاكس التدفق المغناطيسى للفات عضو الاستنتاج فيمحى تأثير هذا الاخير على مغناطيسية الأقطاب الاصلية . اذاً يجب أن توصل بالتوالى مع الفرش بحيث أن اتجاه التيار الكهربائى فيها يكون بعكسه فى اللفات المقابلة لهـا على سطح عضو الاستنتاج و تسمى هذه اللفات بلفات التعويض

والشكل ١٢٥ يبين قطاعات أسلاك هذه اللفات . وهى توضع فى مجارٍ على طول القطب كما هو مبين

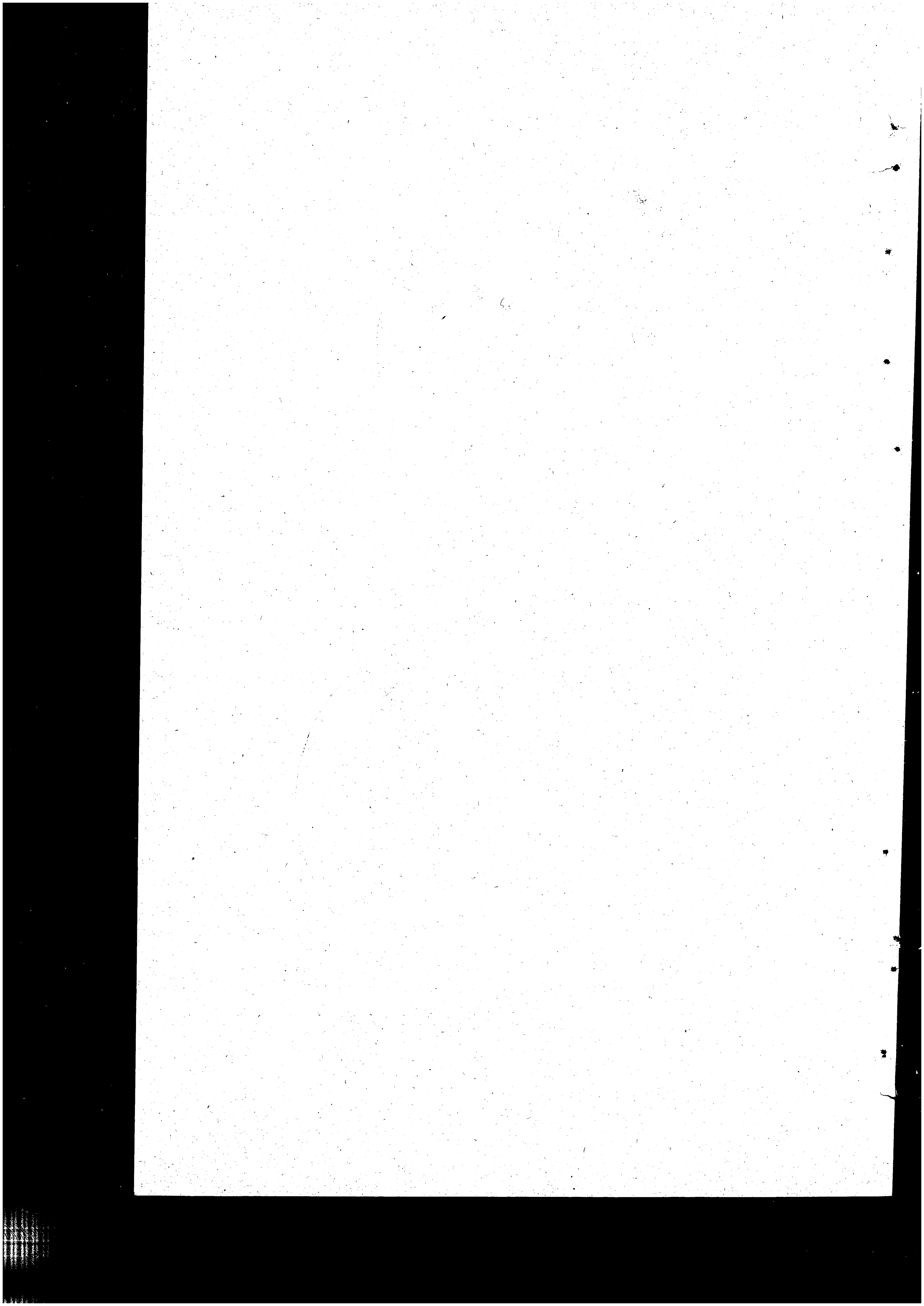


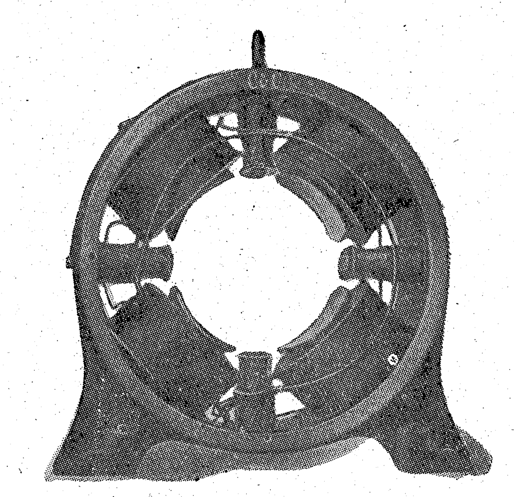
(شكل ١٢٥)

الشرر ووضع الفرشة بالنسبة لمناطق الحياد

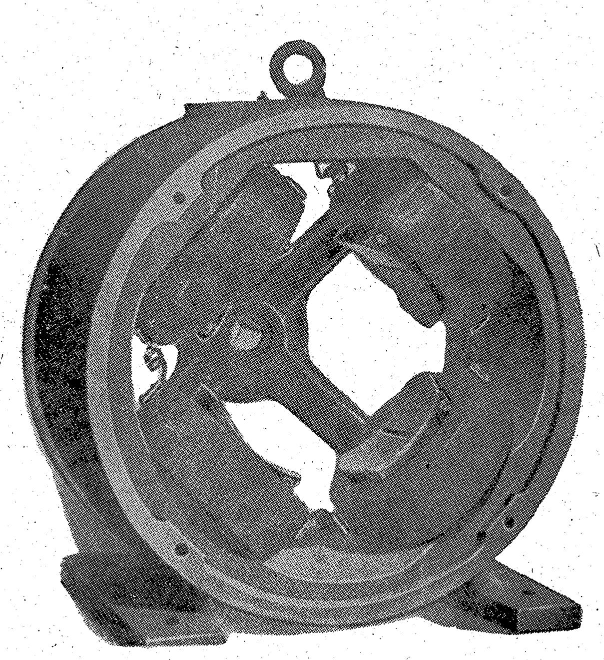
بند ٨٣ — سبق أن برهنا أن القوة الدافعة الكهربائيـة المتولدة فى لفات عضو الاستنتاج متغيرة الاتجاه فى نفس اللفات ولكنها موحدة الاتجاه فى الخارج وذلك بواسطة عضو التوحيد وتعدد اللفات بنـد (٤٤ و ٤٥) . وقد قلنا فى بند ٧٩ أن الفرشة يجب أن تغطى القطاع المتصل باللفة أثناء وجودها فى منطقة الحياد . و بما أن هذه المنطقة ليست قاصرة على لفة واحدة بل بها جملة لفات كما هو واضح من الاشكال السابقة فالفرشة فى هذه الحالة تغطى عادة كثيراً من القطاعات المتصلة بهذه اللفات

والشكل ١٢٦ يبين بعض لفات عضو استنتاج حلقى — تسهيلا للفهم — وقطاعات عضو التوحيد المقابلة لها . ومبين فيها القطاعات د و هـ و ل مغطاة بالفرشة





عضو التوليد باقطاب مساعده



عضو التوليد بدون اقطاب مساعده

نلاحظ أن اللفتين ا ب و ب حـ أصبحتا مقفولتين على نفسهما أى بهما قصر الاولى بواسطة الجزء من الفرشة المغطى للقطاعين د و هـ . والثانية بواسطة الجزء من الفرشة المغطى للقطاعين هـ و ل

(شكل ١٢٦)

فمن الواضح أن التيار الكهربائى يمر فى الفرشة عن طريق القطاعات أو أجزاء القطاعات المغطاة بها وان شدة التيار الكهربائى الخارجة من الفرشة لايؤثر عليها تغيير مساحة أجزاء القطاعات المغطاة بالفرشة أثناء الدوران مادامت مساحة مجموع ما يغطى بالفرشة ثابتاً — اذ يساوى عرض الفرشة — ومادام عرض الفرشة يساوى قطاعات كاملة من عضو التوحيد وليس أجزاء قطاعات

فالتيار الكهربائى الخارج من الفرشة فى الموضع ١٢٦ — على فرض أن اللفتين ا ب و ب حـ لا يتولد فيهما قوة دافعة أثناء القصر — يأتى نصفه من يمين اللفة ب ا والنصف الآخر من يسار اللفة ب حـ (بند ٦٠ و ٦١) وكل منهما — من الوجهة النظرية — يدخل فى الفرشة (على فرض أن هذه الفرشة موجبة) عن طريق القطاعات الثلاثة المغطاة بالكيفية الموضحة فى الوضع ١٢٦

ولاجل أن نفهم تماماً ما يحدث أثناء القصر نقتصر على تغطية الفرشة لقطاع واحد أى أن اتساع الفرشة يساوى اتساع القطاع

ولنفرض من الوجهة النظرية الفروض الآتية قبل أن نبدأ فى درس تغيرات التيار الكهربائى فى دائرة القصر أثناء الدوران :

(١) ان اللفات الحاصل فيها القصر لايتولد فيها ق . د . ك أثناء القصر أى أنها تمر فى منطقة الحياد (العملية طبعاً) طول مدة القصر

(٢) اهمال مقاومة الاسلاك الموصلة لقطاعات عضو التوحيد بالنسبة لمقاومة

التلامس بين الفرشة والقطاعات المغطاة بها

(٣) اهمال ما يحصل من الاستنتاجات النفسية (أو الذاتية) عند ما يترك الطرف المتأخر للفرشه — بالنسبة لاتجاه حركة عضو التوحيد — طرفى القطاعين الحاصل فيهما القصر . أى عند فتح دائرة القصر

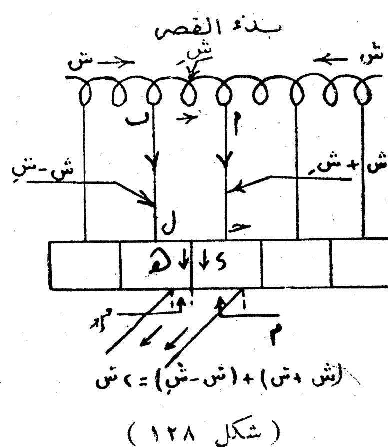
والاشكال الخمسة (١٢٧ — ١٣١) تبين سير التيار الكهربائى فى اللفة ا ب قبل القصر (١٢٧) ؛ فى بدء القصر (١٢٨) ؛ فى منتصف القصر (١٢٩) وبعد منتصف القصر (١٣٠) ؛ بعد نهاية القصر (١٣١)

(شكل ١٢٧)

والسهم يبين اتجاه حركة الدوران (وهو من اليسار لليمين) شكل ١٢٦

فالتيار الكهربائى $س_١$ فى اللفة ب ا فى الشكل الأول (أى قبل القصر) = التيار الكهربائى الآتى من جهة اليسار = س أمبير مثلا . وعلى ذلك فالتيار فى السلك ا ح = ٢ س . وفى بدء القصر فى اللفة ا ب . أى عند ما تبدأ الفرشة فى تغطية جزء من القطاع هـ (الشكل الثانى ١٢٨) ستدخل اللفة ا ب فى منطقة الحياد (حسب الافتراض الاول)

فالتيار الكهربائى س الآتى من يسار اللفة سيتجزأ فجزء منه $س_١$ يمر فى اللفة ب ا ويخرج من الفرشة عن طريق الجزء د المغطى بالفرشة . والباقى س — $س_١$ يمر عن طريق ب ل وعلى ذلك فالتيار فى السلك ا ح = س + $س_١$



(شكل ١٢٨)

وبما أن الجزء المغطى بالفرشة من القطاع هـ فى بدء القصر — اى فى هذا الشكل — صغير جداً بالنسبة لمساحة الجزء المغطى من القطاع ء فالتيار الكهربائى $س - س_١$ فى هذه الحالة يكون بسيطاً جداً

أى أن التيار س الآتى من اليسار يتجزأ فى القطاعين هـ ، د بحيث أن نسبة التيار الداخل فى الفرشة عن طريق القطاع هـ الى التيار الداخل فيهـا عن طريق القطاع د كنسبة مقاومة مساحة الجزء المغطى بالفرشة من القطاع الثانى (د) الى مقـاومة مساحة الجزء المغطى من القطاع الاول (هـ) أى نسبة عكسية طبعاً

فلو فرضنا $م_١$ ، م مقاومة المساحتين فى الوضع ١٢٨ ، $س - س_١$ شدة التيار الداخلة فى الفرشة عن طريق القطاع هـ

فشدة التيار فى القطاع الثانى د $= س + س_١$ (لأن مجموعهما ثابت ويساوى ٢ س)

$$اذاً \frac{س - س_١}{س + س_١} = \frac{م}{م_١}$$

فعند ماتتساوى م ، $م_١$ فالشدة الكلية ٢س تتوزع بالتساوى على القطاعين أى = س فى كل منهما وعلى ذلك فالشدة $س_١$ فى اللفة ا ب فى هذه الحالة = صفراً

وهذا الوضع مبين فى الشكل الثالث (١٢٩) حيث الفرشة فى منتصف القصر . أى أن المساحتين المغطاتين بالفرشة متساويتان وبالتالى $م = م_١$

بعد ذلك يبتدئ التيار الكهربائى $س_١$ فى اللفة ا ب ينعكس لأن م تزيد عن $م_١$ وهذا مبين فى شكل (١٣٠) وذلك لأن $س - س_١$ لا يمكن أن تزيد

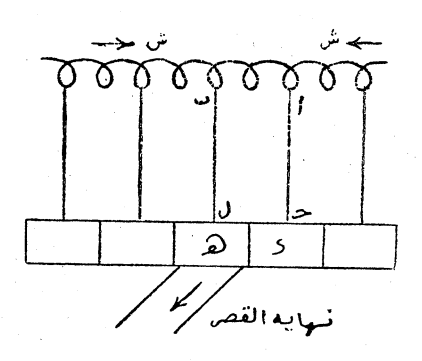
(شكل ١٢٩)

عن س + س١ الا اذا كانت س١ سلبية أى بعكسها فى شكل (١٢٨) . وفى نهاية القصر أى عند ما يترك القطاع ى الفرشة (شكل ١٣١) فالمقاومة م تصير كبيرة جداً (أى ما لانهاية لها) فالتيار الكهربائى الخارج عن طريق م = صفراً . هذا مع الافتراض الذى افترضناه فى نمرة ٣ . أى أن هبوط التيار فى القطاع المغطى يتناسب مع المقاومة ولكن الحقيقة الحاصلة ليست

(ش-ش١) +(ش+ش١) = ٢ ش

(شكل ١٣٠)

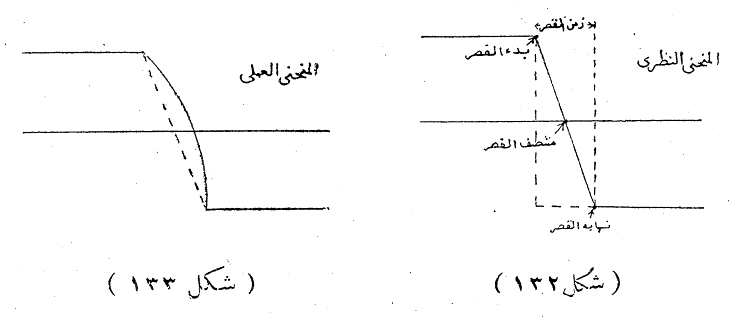
كذلك لأنه وان أمكن الاخذ بالافتراضين الاول والثانى لانه فى متناول اليد حيث يمكن تحريك الفرش حتى توضع فى منطقة الحياد فالافتراض الثالث المختص بالاستنتاج النفسى لا يمكن اهماله لان عضو الاستنتاج مصنوع من الحديد كما هو معروف فكل هبوط فى التيار الكهربائى فى اللفة الحاصل فيها القصر يعقبه استنتاج نفسى (أو ذاتى) يعيق أو يؤخر هذا الهبوط بحيث أنه عند نهاية القصر لا يهبط التيار فى القطاع ى الى صفر بل يكون له قيمة كبيرة ناتجة عن تأخر هبوط التيار أثناء القصر للسبب السابق



(شكل ١٣١)

والخط البيانى (شكل ١٣٢) يبين زمن القصر (احداثى أفقى) وما يقابله من التيار الكهربائى فى اللفة ا ب أثناء القصر . وهذا المنحنى مرسوم من الوجهة النظرية فقط أى مع التسليم بصحة الافتراض الثالث

والخط البيانى (شكل ١٣٣) يبين المنحنى السابق من الوجهة العملية أى مع عدم التسليم بصحة الافتراض الثالث



(شكل ١٣٣) (شكل ١٣٢)

تلافى الشرر الحاصل فى الفرش من الاسباب السابقة

بند ٨٤ — يجب أن لا يقتصر على وضع الفرش بحيث أن اللفات الحاصل فيها القصر تكون فى خط الحياد العملى بل يجب تقديم الفرش فى ناحية الدوران بحيث أن هذه اللفات تكون قريبة من القطب الذى يليها فى ناحية الدوران فيتولد فيها أثناء القصر ق . د . ك عكسية أى تعاكس الاستنتاج النفسى وعلى ذلك يمتنع الشرر ويصير المنحنى كما هو مبين بشكل ١٣٣

(٢) كلما كانت مقاومة معدن الفرش كبيرة كلما ساعد ذلك على تخفيف تأثير الاستنتاج النفسى (أو الذاتى) وعلى ذلك يقل الشرر . فلهذا السبب تستعمل الفرش الكربونية خصوصاً فى الدينامووات ذات الضغط العالى . لان مقاومتها أكبر من النحاسية بند (٥٥)

زمن القصر

بند ٨٥ — يمكننا معرفة الزمن الذى يستمر فيه القصر فى اللفات المتصلة بالقطاعات أثناء مرور هذه الاخيرة تحت الفرشة وتغطيتها بها مثل اللفة ا ب (شكل ١٢٨) . اى الزمن الذى يمر بين بدء القصر ونهايته وهو المبين على السينات الافقى للمنحنى النظرى شكل ١٣٢

فاذا فرضنا أن $\frac{ى}{٦٠}$ = عدد دورات عضو التوحيد فى الثانية ، ٢ نق = قطر

محيط عضو التوحيد بالبوصة ، $س''$ = اتساع سطح الفرشة المغطى للقطاعات ، $س''_{1}$ = سمك الميكا العازلة

فزمن القصر بالثوانى = $\frac{(س'' - س''_{1}) \times ٦٠}{٢ ط ى'' ى}$ ثوانى وهذا الزمن بسيط جداً

والبرهان على صحة هذه المعادلة هو كالآتى : —

الزمن الذى يمر لدورة واحدة من عضو التوحيد = $\frac{٦٠}{ى}$ ثوانى

والزمن الذى يمر لحركة نقطة على محيط عضو التوحيد مسافة بوصة واحدة

$$= \frac{٦٠}{ى \times ٢ ط ى''}$$

وبما أن زمن القصر هو الزمن الذى يمر لحركة نقطة على محيط عضو التوحيد لمسافة ($س'' - س''$) بوصة وهو اتساع الفرشة — سمك الميكا

اذاً هذا الزمن بالثوانى = $\frac{٦٠ \times (س'' - س''_{1})}{ى \times ٢ ط ى}$

وهذا الزمن كما قلنا بسيط جداً حيث يتراوح بين $\frac{١}{١٠٠٠}$ الى $\frac{١}{٢٠٠}$ من الثانية

مثال ذلك

اذا كان قطر محيط عضو التوحيد = $٧\frac{١}{٢}$ بوصة ، عدد الدورات فى الدقيقة = ٩٠٠ ، اتساع الفرشة بعد خصم سمك الميكا = $\frac{٣}{٤}$ بوصة فما هو زمن القصر

الحل

الزمن بالثوانى = $\frac{٠,٧٥ \times ٦٠}{٣,١٤ \times ٧,٥ \times ٩٠٠}$ = ٠,٠٠٢١٢ ثانية

مثال آخر

فى أثناء القصر الحاصل بالفرشة يتغير التدفق المغناطيسى فى اللفات الحاصل فيها القصر بمقدار ١٨٠٠٠٠ خط فاذا كان زمن القصر ١٠٠ر ثانية فما هو الفلت المستنتج فى هذه اللفات

الحل

الفلت المستنتج على حسب قانون فرداى عبارة عن عدد الخطوط المغناطيسية المتغيرة (أو القاطعة للفات) فى الثانية الواحدة

$$\text{اذاً الفلت المستنتج} = \frac{١٨٠٠٠٠}{١٠٠ر \times ١٠^{٨}} \text{ فلت} = ٨ر١ \text{ فلت}$$

تأثير وضع الفرش على محصلة القوة الدافعة المتولدة فى لفات الاستنتاج

بند ٨٦ — ان وضع الفرش بالنسبة لمناطق الحياد ليس تأثيره قاصراً على ما وضحناه فى بند ٨٣ بل له تأثير كبير على محصلة القوة الدافعة المتولدة فى اللفات

والشكل ١٣٤ عبارة عن دينامو ذى قطبين وقد وضعنا الفرش على سطح اللفات تسهيلا للفهم . فلو فرضنا أن الفرش وضعت فى منطقة الحياد النظرية ا ٯ ب وانما لم نتلاف تأثير رد فعل عضو الاستنتاج فتقدمت منطقة الحياد فى ناحية الدوران من ا ٯ ب الى حـ ٯ ى

(شكل ١٣٤)

فمحصلة القوة الدافعة فى اللفات التى على يمين ا ب تقل بمقدار ما تولد من القوة الدافعة فى اللفات على السطح حـ ا لأن القوة الدافعة المتولدة فى اللفات فى هذه المنطقة معاكسة لها فى اللفات على السطح حـ ب

كذلك محصلة القوة الدافعة فى اللفات التى على يسار ا ب تقل بمقدار ما تولد

من القوة الدافعة فى اللفات على السطح ء ب لان القوة الدافعة المتولدة فى هـذه اللفات الأخيرة معاكسة لها فى اللفات على السطح ا ء

الفصل الثانى

الحرارة المتولدة فى أجزاء الديناموات

بند **٨٧** — ان أهم عامل من العوامل التى يجب مراعاتها فى تصميم الديناموات الحرارة المتولدة فى أجزاء الدينامو أثناء الشغل. فالمهندس مقيد بهذا العامل الذى يؤثر على المادة العازلة للفات سواء فى عضو الاستنتاج أو عضو التوليد أو فى أى جزء آخر وذلك اذا زاد عن حد محدود

و بما أن الحرارة المتولدة تتوقف على ما يفقد من دخل الدينامو سواء كان ميكانيكياً أو كهربائياً بل أن الحرارة المتولدة تساوى هـذه المفاقيد اذا حوّلت للوحدات الحرارية

لذلك يجب تحديد هذه المفاقيد بحيث أن درجة الحرارة لا ترتفع للحد الذى يؤدى الى الاتلاف

وقد ظهر من الوجهة العملية أن درجة الحرارة المبدئية لعضو الاستنتاج يجب أن لا تزيد عن ٣٥° مئوى وأقصى درجة حرارة يمكن أن يصرح لعضو الاستنتاج للوصول اليها بدون اتلافٍ للمادة العازلة لا تزيد عن ٧٥°

مفاقيد الدينامو

بند ٨٨ — مفاقيد الدينامو محصورة فى الأحوال الآتية

المفاقيد الميكانيكية
- (١) احتكاك الفرش على عضو التوحيد
- (٢) مقاومة الهواء للدوران
- (٣) احتكاك محور الادارة مع الكراسى

المفاقيد الكهربائية
- مفقود الحديد
  - مفقود التيارات الاعصارية بند ٤٨
  - مفقود القصور المغناطيسى بند ٣٤
  - فى قلبىّ عضو الاستنتاج والتوليد
- مفقود النحاس
  - فى أسلاك عضو الاستنتاج
  - فى أسلاك عضو التوليد
  - فى الفرش

جودة الدينامو

بند ٨٩ — الجودة لأى آلة عبارة عن النسبة فى المائة بين خرج الآلة أو القدرة المأخوذة منها وبين دخلها أو القدرة المعطاة لها

والجودة فى الدينامو نوعان

(١) الجودة التجارية وتقدّر باعتبار الدخل الكلى الميكانيكى المستمد من الآلة المحركة للدينامو

أى أن الجودة التجارية

$$= \frac{\text{خرج الدينامو (بالاحصنة أو بالكيلووات)}}{\text{الدخل الميكانيكى الكلى (بنفس وحدات الخرج)}} \times ١٠٠$$

وبما أن الدخل الكلى للدينامو = الخرج + جميع المفاقيد المذكورة فى بند ٨٨ = خرج الدينامو + المفاقيد الميكانيكية والكهربائية

اذاً بالتعويض ينتج لنا أن الجودة التجارية

$$= \frac{\text{خرج الدينامو}}{\text{خرج الدينامو} + \text{المفاقيد الميكانيكية والكهربائية}} \times ١٠٠$$

(٢) الجودة الكهربائية وتقدر باعتبار الدخل الكهربائى الكلى المتولد فى أسلاك عضو استنتاج الدينامو

أى أن الجودة الكهربائية

$$= \frac{\text{خرج الدينامو (بالاحصنة أو بالكيلووات)}}{\text{الدخل الكهربائى المتولد (بنفس الوحدات)}} \times ١٠٠$$

وبما أن الدخل الكهربائى المتولد فى الدينامو

= القوة الدافعة المتولدة × شدة تيار عضو الاستنتاج

= خرج الدينامو + مفاقيد النحاس فقط (بند ٨٨)

اذاً بالتعويض ينتج لنا أن

$$\text{الجودة الكهربائية} = \frac{\text{خرج الدينامو}}{\text{خرج الدينامو} + \text{مفاقيد النحاس}} \times ١٠٠$$

فلو فرضنا أن $صه$ = القوة الدافعة المتولدة بالفلت ، $س$ = شدة التيار الكلية أى الخارجة من عضو الاستنتاج بالأمبير ، $صه_١$ = الضغط بالفلت على طرفى الحمل المحمل به الدينامو ، $س_١$ = شدة تيار الحمل بالامبير ، و كيلووات = المفقود الميكانيكى ، $و_١$ كيلووات = مفاقيد الحديد

$$\text{فخرج الدينامو بالكيلووات} = \frac{صه_١ س_١}{١٠٠٠}$$

$$\text{والدخل الميكانيكى للدينامو} = \frac{صه س}{١٠٠٠} + (و + و_١)$$

$$\text{اذاً الجودة التجارية} = \frac{صه_١ س_١}{صه س + (و + و_١)} \times ١٠٠$$

$$\text{الجودة الكهربائية} = \frac{\text{صه}_1 \text{س}_1}{\text{صه س}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{\text{صه}_1 \text{س}_1}{\text{صه}_1 \text{س}_1 + \text{مفقود النحاس فى أسلاك عضو الاستنتاج والفرش وأسلاك عضو التوليد}} \times ١٠٠$$

فلو فرضنا أن شدة تيار الحمل فى الدينامو المركب القصير المبين (شكل ١٣٥) = ٢٠ أمبير ، الضغط على طرفى الحمل = ١١٠ فلت وأن مقاومة لفات عضو التوليد التوازى = ١٥٠ "

ولفات التوالى = ١ر "

وأن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ١٠٠ وات ومقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيه الفرش = ١ر "

(شكل ١٣٥)

فخرج الدينامو

= ١١٠ فلت × ٢٠ أمبير

= ٢٢٠٠ وات = ٢ر٢ كيلو وات

والضغط المنصرف فى أسلاك لفات التوالى = ٢٠ أمبير × ١ر " = ٢ فلت

والضغط على طرفى الفرش = الضغط على طرفى الحمل + الضغط المنصرف فى لفات التوالى = ١١٠ فلت + ٢ فلت = ١١٢ فلت

$$\text{شدة التيار فى لفات التوازى} = \frac{١١٢ \text{ فلت}}{١٥٠ ''} = ٧ر \text{ أمبير تقريباً}$$

شدة التيار الكهربائية الكلية أى الخارجة من الفرش

= شدة تيار الحمل + شدة التيار فى لفات التوازى

= ٢٠ أمبير + ٧ر أمبير = ٢٠٫٧ أمبير

مفقود القدرة فى أسلاك التوالى = ٢٠^٢ × ١ر" = ٤٠ وات = ٠٤ر كيلووات

مفقود القدره فى لفات التوازى ٧ر^٢ أمبير × ١٥٠ = ٧٣٫٥ وات = ٠٧٤ر كيلووات

مفقود القدرة فى أسلاك عضو الاستنتاج بما فيه الفرش

= ٢٠٫٧^٢ × ١ر" = ٤٣ وات = ٠٤ر كيلووات تقريباً

اذاً مفاقيد النحاس فى الدينامو = ٠٤ر + ٠٧٤ر + ٠٤ر = ١٥ر كيلووات

القدرة الكهربائية المتولدة فى أسلاك عضو الاستنتاج = القدرة الخارجية (أى المنصرفة فى الحمل) + مفاقيد النحاس = ٢٫٢ كيلووات + ١٥ر كيلووات = ٢٫٣٥ كيلووات

القدرة الكلية فى الدينامو المستمدة من الآلة المحركة = القدرة الخارجية + مفاقيد النحاس + مفقود الحديد + المفاقيد الميكانيكية

= ٢٫٢ كيلووات + ١٥ر كيلووات + ١ر كيلووات = ٢٫٤٥ كيلووات

الجودة التجارية = $\frac{٢٫٢}{٢٫٤٥}$ × ١٠٠ = ٨٩٪ تقريباً

الجودة الكهربائية = $\frac{٢٫٢}{٢٫٣٥}$ × ١٠٠ = ٩٣٪ تقريباً

والجداول الآتية تبين النتائج التى وصل اليها المصممون من الوجهة العملية فيما يختص بتحديد المفاقيد المقابلة لخرج الدينامو المطلوب وكذلك السرعة المحيطية والسرعة باعتبار عدد الدورات

الجدول الأول

خرج الدينامو بالكيلو وات	في المـــاية			
	الجودة التجارية	مفقود النحاس	مفقود الحديد	المفقود الميكانيكي
من ٥ الى ٤٠	٩٠	٦٫٣	٣٫٢	٥ ر
من ١٠ الى ٦٠	٩١	٥٫٦	٣	٤ ر
من ٤٠ الى ١٠٠	٩٢	٤٫٨	٢٫٨	٤ ر
من ٧٥ الى ٣٠٠	٩٣	٤٫٣٥	٢٫٣	٣ ر
من ٢٠٠ الى ٥٠٠	٩٤	٣٫٩	١٫٨	٣ ر
من ٤٠٠ الى ١٠٠٠	٩٥	٣٫٢٥	١٫٥	٢٥ ر

الجدول الثاني

خرج الدينامو بالكيلو وات	السرعة بالقدم في الدقيقة	خرج الدينامو بالكيلو وات	السرعة بالقدم في الدقيقة
٥٠	من ٦٤٠ الى ١١٢٥	٥٠٠	من ٢٨١٠ الى ٣٤٥٠
١٠٠	من ١١٢٥ الى ١٨٠٠	١٠٠٠	من ٣٤٥٠ الى ٣٩٠٠
٢٠٠	من ١٨٠٠ الى ٢٥٧٠	١٥٠٠	من ٣٧٥٠ الى ٤١٠٠
٣٠٠	من ٢٢٥٠ الى ٣٠٠٠	٢٠٠	من ٣٩٠٠ الى ٤١٨٠
٤٠٠	من ٢٥٧٠ الى ٣٢٧٠		

الجدول الثالث

خرج الدينامو بالكيلوات	عدد الدورات فى الدقيقة: يدار الدينامو بواسطة سير	يدار بطريقة مباشرة من آلة ميكانيكيه		بواسطة تربين بخارى
٥	من ٧٥٠ الى ١٢٠٠	من ٣٣٠ الى ٨٠٠	الـكينة المحركة ذى كرنك واحد	٣٠٠٠
١٠	من ٧٠٠ الى ١٠٠٠	من ٣٠٠ الى ٧٥٠		٢٤٠٠
١٥	من ٦٥٠ الى ٩٠٠	من ٢٧٥ الى ٧٠٠		
٢٠	من ٦٠٠ الى ٨٠٠	من ٢٥٠ الى ٦٥٠		٢٠٠٠
٣٠	من ٥٠٠ الى ٧٠٠	من ٣٣٠ الى ٦٥٠		
٤٠	من ٤٥٠ الى ٦٠٠	من ٣٠٠ الى ٦٠٠	الـكينة ذى كرنكين	١٥٠٠
٦٠	من ٤٢٠ الى ٥٥٠	من ٢٧٥ الى ٥٥٠		
١٠٠	٤٨٠	من ٢٥٠ الى ٤٧٥		١٢٥٠
١٥٠	٤٣٠	من ٢٢٥ الى ٤٥٠		
٢٠٠		من ٢٠٠ الى ٤٠٠		٧٥٠

والقوة الدافعة اللازم توليدها فى الدينامو تختلف فى تصميم الديناموات على حسب الغرض المصممة من أجله ولـكن الامبير يتراوح بين ٣ و ٣٠٠ فى جميع الحالات

فالفلت اللازم للانارة يتراوح بين ٨ فلت و ٥٠٠ فلت

وللطلاء يتراوح بين ٥ فلت و ٨ فلت

وللحام المعادن لا يزيد الفلت عن ٤٠

الكثافة المغناطيسية فى الأوساط الرئيسية للدينامو

بند ٩٠ — الكثافة المغناطيسية فى أوساط الدينامو محصورة فى المقادير الآتية

الوسط	نوع المعدن	الكثافة المغناطيسية
١ قلب عضو الاستنتاج	طبقات من الصلب	٦٠٠٠٠ خط تقريباً
٢ حواجز أسلاك عضو الاستنتاج	« « «	١٣٠٠٠٠ « «
٣ الثغرة الهوائية		من ٤٥٠٠٠ الى ٥٥٠٠٠ خط
٤ قلب المغناطيس	صلب مسبوك أو حديد مطاوع	« ٧٥٠٠٠ « ١٠٠٠٠٠ «
٥ حامل القطب	« « «	« ٧٠٠٠٠ « ١٠٠٠٠٠ «
٦ « «	زهر	« ٣٥٠٠٠ « ٥٠٠٠٠ «

تقرير أبعاد عضو الاستنتاج

بند ٩١ — برهن الدكتور Esson سنة ١٨٩١ فى مجلة جمعية المهندسين الكهربائية أن خرج الدينامو = ـﻚ × ل × (٢ نق)^{٢} × ى

بفرض أن ل = طول عضو الاستنتاج بالبوصة ، ٢ س = قطر عضو الاستنتاج بالبوصة ، ى = السرعة بعدد الدورات فى الدقيقة ، ـﻚ = عدد ثابت يسمى بمعامل خرج الدينامو وقيمته متوقفة على الخرج . والجدول الآتى يبين قيمته على وجه التقريب المقابلة للخرج

خرج الدينامو بالكيلووات	معامل الخرج	خرج الدينامو بالكيلووات	معامل الخرج
٢٥	$١٦,٥ \times ١٠^{-٦}$	٥٠٠	$٣٩,٥ \times ١٠^{-٦}$
٥٠	٢١×١٠^{-٦}	١٠٠٠	٤٦×١٠^{-٦}
١٠٠	٢٦×١٠^{-٦}	٢٠٠٠	$٥٢,٥ \times ١٠^{-٦}$
٢٥٠	٣٣×١٠^{-٦}		

ويمكننا من الجدول الثانى والثالث معرفة قطر عضو الاستنتاج فمثلا لو فرضنا أن خرج الدينامو ١٠٠ كيلووات وأخذنا السرعة المقابلة لذلك من الجدول الثانى ١٨٠٠ قدم فى الدقيقة ومن الجدول الثالث ٣٠٠ دورة فى الدقيقة

فقطر عضو الاستنتاج ٢ س = $\frac{١٨٠٠}{٣٠٠}$ × ط = ٢ قدم تقريباً = ٢٤ بوصة

ومن جدول معامل الخرج نرى أن معامل الخرج المقابل ١٠٠ كيلووات
$= ٢٦ \times ١٠^{-٦}$

اذاً يمكننا من معادلة الدكتور Esson (وهو أن خرج الدينامو $=$ ے × ل × (٢ س)^{٢} × ى) معرفة مقدار طول عضو الاستنتاج ل

كثافة التيار الكهربائى

بند **٩٣** — كثافة التيار الكهربائى محدودة بأقصى درجة حرارة مسموح بها دون اتلاف للمادة العاذلة . وهى محصورة فى المقادير الآتية

كثافة التيار الكهربائى بالأمبير لكل بوصة مربعة

أسلاك عضو الاستنتاج	توصيلات قطاعات عضو التوحيد	لفات عضو التوليد (أو التنبيه)
من ١٥٠٠ الى ٢٥٠٠	من ٢٤٠٠ الى ٤٠٠٠	من ٦٠٠ الى ٨٠٠

عدد الاقطاب

بند **٩٣** — عدد الأقطاب فى الدينامو ات متوقفة على جملة عوامل ذكرناها فى بنـد ٤٧ ولكن عادة يسترشد المصممون عند انتخاب عدد الأقطاب بالدينامو ات الأخرى المشابهة لتصميمهم

وقد دلت التجارب على الدينامو ات الكبيرة على أن أنسب عدد للاقطاب = العدد الزوجى التالى للنتيجة « $\frac{\text{خرج الدينامو}}{١٠٠}$ » اذا كانت فردية . فاذا فرضنا أن خرج الدينـامو ١٥٠٠ كيلووات فانسب عدد ينتخب للاقطاب هو العدد الزوجى التالى للنتيجة $\frac{١٥٠٠}{١٠٠}$ أى ١٦

وبما أن القوس القطبى يجب ان يكون من ٦ ٪ الى ٧٥ ٪ من الخطوة القطبية (بند ٥٩)

اذاً يمكننا معرفة مساحة وجه القطب

وبما أن الكثافة المغناطيسية فى أجزاء القطب محدودة بالمقادير المبينة ببند ٩٠ فاذاً حددنا الامبير لفات المناسبة لكل جزء على وجه التقريب

اذاً يمكننا على وجه التقريب معرفة أبعاد عضو التوليد

هذا جزء بسيط من موضوع تصميم الدينامو وضعته ليكون أساساً يرتكز

عليه الطالب فى المستقبل لأن تفصيلات هذا الموضوع متشعبة الأطراف بحيث يصعب حصرها فى هذا المؤلف

الفصل الثالث

العزم فى الديناموات

بند **٩٤** — بما أن الطاقة الميكانيكية فى الدينامو تتحول الى طاقة كهربائية فالشغل الكهربائى المبذول يعاكس حركة الدينامو ولذلك فأسلاك عضو الاستنتاج معرضة لقوة شد ضد الحركة كما بينا ذلك فى بند (٥٠) مما أدى الى وضع هذه الاسلاك فى مجار منعاً لانزلاقها تحت تأثير هذه القوة

وبما أن العزم عبارة عن القوة × نصف قطر عضو الاستنتاج

اذاً العزم المتولد فى الدينامو معاكس للحركة ولذلك يقال له العزم الرجعى

تقدير العزم فى الديناموات

بند **٩٥** — نفرض أن سـ = شدة التيار فى أسلاك عضو الاستنتاج (أى الشدة الكلية) بالأمبير

، **صـ** = القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى الدينامو بالفلت

، $ع_ر$ = العزم الرجعى المتولد فى الدينامو بالرطل قدم

، ى = عدد الدورات فى الدقيقة

فالقدرة الكهربائية المتولدة = **صـ** سـ وات

والقدرة الميكانيكية المتحولة الى قدرة كهربائية = $ع_ر$ × ٢ ط ى قدم رطل فى الدقيقة (لأن ٢ ط ى عبارة عن السرعة الزاوية)

وبتحويل كل من القدرة الكهربائية ، القدرة الميكانيكية الى أحصنة بخارية

ينتج لنا أن $\frac{صہ \; س}{٧٤٦} = \frac{ع_ر \times ٢ \; ط \; ى}{٣٣٠٠٠}$

اذاً $ع_ر = \frac{صہ \; س \times ٣٣٠٠٠}{٧٤٦ \times ٢ \; ط \; ى}$

ولكن القوة الدافعة المتولدة $صہ = \frac{ت \times ى \times ٢ \; ف}{١٠^٨ \times ٦٠} \times \frac{٢ز}{ح}$ (بند ٥١)

وبالتعويض ينتج لنا أن $ع_ر = \frac{ت \times ى \times ٢ \; ف}{١٠^٨ \times ٦٠} \times \frac{س \times ٣٣٠٠٠}{٧٤٦ \times ٢ \; ط \; ى} \times \frac{٢ \; ز}{ح}$

$= \frac{ت \times ٢ \; ف \times س}{٨٫٥٢ \times ١٠^٨} \times \frac{٢ \; ز}{ح}$ رطل قدم . أى أن العزم $ع_ر$ يتناسب مع

ت س لأن باقى العوامل ثابتة فى الدينامو

أمثلة محلولة على الباب الرابع

(١) اذا كان التدفق المغناطيسى فى كل قطب من أقطاب عضو توليد دينامو $= ٨ \times ١٠^٦$ خط وعدد أسلاك عضو الاستنتاج = ١٨٠ سلك وشدة التيار الكلية فى اسلاك الاستنتاج = ٢٥٠ أمبير ونصف قطر عضو الاستنتاج = ٥ر قدم

فالمطلوب ايجاد (ا) العزم الرجعى بالرطل قدم (ب) قوة الشد على أسلاك الاستنتاج (حـ) قوة الشد على كل سلك

مع العلم بأن اللفات انطباقية وعدد الاقطاب أربعة وأن القوس القطبى $= \frac{٣}{٤}$ الخطوة القطبية

الحل

(ا) $ع_ر = \frac{\text{ت} \times ٢\,\text{ف} \times \text{س}}{٨,٥٢ \times ١٠^{٨}} \times \frac{٢\text{ز}}{\text{ح}}$ رطل قدم وبما أن اللفات

انطباقيه . اذاً $\frac{٢\text{ز}}{\text{ح}} = ١$

اذاً $ع_ر = \frac{٨ \times ١٠^{٦} \times ١٨٠ \text{ سلك} \times ٢٥٠ \text{ امبير}}{٨,٥٢ \times ١٠^{٨}} = \underline{\underline{٢٨٣,٥}}$ رطل قدم

(ب) قوة الشد على جميع الأسلاك $= \frac{ع_ر}{\text{س}} = \frac{٢٨٣,٥}{,٥} = \underline{\underline{٥٦٧}}$ رطل

(ح) بما أن الفراغ بين كل قطبين خالٍ من الخطوط المغناطيسية فالأسلاك المواجهة له ليست معرضة لقوة شد

وبما أن الدينامو ذو أربعة أقطاب

اذاً الزاوية المحيطية المقابلة للخطوة القطبية $= \frac{٣٦٠^{\circ}}{٤} = ٩٠$ درجة

اذاً عدد الأسلاك المواجهة للخطوة القطبية $= \frac{٩٠}{٣٦٠} \times ١٨٠$ سلك

وبما أن القوس القطبي $= \frac{٣}{٤}$ الخطوة القطبية

اذاً عدد الأسلاك المواجهة للقوس القطبي والمعرضة لقوة الشد

$= \frac{٩٠}{٣٦٠} \times ١٨٠ \times \frac{٣}{٤} = ٤٥ \times \frac{٣}{٤}$

وعلى طول محيط عضو الاستنتاج $= ٤٥ \times \frac{٣}{٤} \times ٤ = \underline{\underline{١٣٥}}$ سلك

اذاً قوة الشد على كل سلك $= \frac{٥٦٧}{١٣٥}$ رطل $= \underline{\underline{٤,٢}}$ رطل

ملحوظة — على العموم الأسلاك المعرضة لقوة الشد على عضو استنتاج أى دينامو (بأى عدد من الأقطاب) $=$ الأسلاك الكلية $\times \frac{\text{القوس القطبي}}{\text{الخطوة القطبية}}$

وفى هذا النوع $= ١٨٠$ سلك $\times \frac{٣}{٤} = \underline{\underline{١٣٥}}$ سلك

(٢) عند عمل تجربة على دينامو توالى لايجاد جودته استخرجت المقادير الآتية

مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ١٤٠٠ وات = ١,٤ كيلو وات

مقاومة لفات الاستنتاج بما فيه الفرش = ٠,١٢٥ أوم

شدة تيار الحمل المراد معرفة جودة الدينامو عليه = ٢٠٠ امبير

مقاومة لفات التوالى = ٠,٠٠٤ أوم

الضغط على الفرش = ١١٠,٨ فلت

والمطلوب ايجاد جودة الدينامو (١) الكهربائية (٢) التجارية

الحل

الضغط على الحمل = الضغط على الفرش — الضغط المفقود فى لفات التوالى = ١١٠,٨ — ٠,٠٠٤ أوم × ٢٠٠ امبير = ١١٠ فلت

اذاً خرج الدينامو = ١١٠ فلت × ٢٠٠ = ٢٢٠٠٠ وات = ٢٢ كيلووات

الدخل الكهربائى أى المتولد فى أسلاك الاستنتاج = الخرج + مفاقيد النحاس

ومفقود النحاس فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = $٢٠٠^{٢}$ × ٠,١٢٥ أوم

= ٥٠٠٠ وات = ٥, كيلووات

مفقود النحاس فى لفات التوالى = $٢٠٠^{٢}$ × ٠,٠٠٤ أوم = ١٦٠ وات

= ١٦, كيلووات

اذاً الدخل الكهربائى = ٢٢ + ٥, + ١٦, = ٢٢,٦٦ كيلووات

$$\text{اذاً الجودة الكهربائية} = \frac{\text{الخرج}}{\text{الدخل الكهربائى فى أسلاك الاستنتاج}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٢٢}{٢٢,٦٦} \times ١٠٠ = ٩٧\ \%$$

$$\text{الجودة التجارية} = \frac{\text{الخرج}}{\text{الخرج + جميع المفاقيد}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٢٢ \times ١٠٠}{٢٢ + ٥\text{,} + ١٦\text{,} + ١\text{,}٤} = ٩١\text{,}٥ \%$$

(٣) دينامو مركب قصير خرجه ١٥٠٠ كيلووات على ضغط ٦٠٠ فلت فاذا كانت مقاومة لفات استنتاجه ٠٠٤٢," ومقاومة لفات التوازى ٥٣" ومقاومة لفات التوالى ٠٠٠٧٦," والضغط المنصرف فى الفرش ٢,٥ فلت فما هى الجودة الكهربائية

الحل

$$\text{شدة تيار الحمل} = \frac{\text{الخرج بالوات}}{\text{الضغط على الحمل}} = \frac{١٥٠٠٠٠٠}{٦٠٠} = ٢٥٠٠ \text{ امبير}$$

مفقود القدرة فى لفات التوالى = $٢٥٠٠^٢ \times ٠٠٠٧٦\text{,}''$ = ٤٧٥٠ وات

= ٤,٧٥ كيلووات = ٤,٨ تقريباً

الضغط المنصرف فى لفات التوالى = ٢٥٠٠ أمبير × ٠٠٠٧٦,"

= ١,٩ فلت

الضغط على طرفى الفرش = الضغط على الحمل + مفقود الضغط فى لفات التوالى = ٦٠٠ فلت + ١,٩ فلت = ٦٠١,٩ فلت = ٦٠٢ تقريبا

$$\text{مفقود القدرة فى لفات التوازى} = \frac{٦٠٢^٢}{٥٣''} = ٦٨٣٧\text{,}٨ \text{ وات}$$

= ٦,٨ كيلو وات تقريباً

$$\text{شدة التيار فى لفات التوازى} = \frac{\text{الضغط على الفرش}}{\text{مقاومة لفات التوازى}} = \frac{٦٠٢}{٥٣''} \text{ فلت}$$

= ١١,٣ أمبير

شدة التيار الكلية (فى لفات الاستنتاج) = تيار الحمل + تيار لفات التوازى

= ٢٥٠٠ امبير + ١١,٣ = ٢٥١١,٣ امبير

مفقود القدرة فى لفات عضو الاستنتاج = ٢٥١١,٣^{٢} × ٠٠٤٢,٠

= ٢٦٤٨٨ وات تقريباً = ٢٦,٤٨٨ كيلووات = ٢٦,٥ تقريباً

مفقود القدرة فى الفرش = ٢,٥ فلت × ٢٥١١,٣ أمبير = ٦,٣٠ كيلووات

اذاً مفاقيد النحاس = ٢٦,٥ + ٤,٨ + ٦,٨ + ٦,٣

= ٤٤,٤ كيلووات

اذاً الجودة الكهربائية = $\frac{١٥٠٠}{١٥٠٠ + ٤٤,٤}$ × ١٠٠ = ٩٧٪ تقريباً

تمرينات على الباب الرابع

(١) ما معنى رد فعل عضو الاستنتاج فى الدينامو . عين بالرسم : —

أولا — اتجاه خطوط التدفق المغناطيسى لعضو التوليد عند تحميل الدينامو

ثانياً — منطقة الحياد النظرية ومنطقة الحياد العملية

(٢) عند تحميل دينامو لوحظ وجود شرر بين الفرش وعضو التوحيد ووجدنا فى نفس الوقت أن قطاعات عضو التوحيد والمادة العازلة بين القطاعات مثبتة تماماً وجيدة الصنع ونظيفة جداً وكذلك الفرش ملامسة تماماً للقطاعات ولفات عضو الاستنتاج ملفوفة لفاً محكماً والمادة العازلة على الاسلاك مثبتة . فما السبب فى وجود الشرر وكيف يمكنك تلافيه . وضح اجابتك بالرسم

(٣) اذا كانت زاوية التقدم لفرش دينامو يعطى ٢٥٠ كيلووات ، ذات ٦ أقطاب هى ٥° فما هى الامبير لفات اللازمة فى الأقطاب المساعدة اذا كان أقصى حمل للدينامو ٤٥٥ أمبير وعدد أسلاك الاستنتاج ١٢٠٠ سلكا واللفات انطباقية

(٤) فى المسألة الاولى من المسائل المحلولة فى نهاية الباب الثالث أوجد الجودة الكهربائية للدينامو المركب (بنوعية) وكذلك الجودة التجارية اذا كان مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى ٦٠٠ وات فى كل من النوعين (القصير والطويل)

(٥) اشرح بالتفصيل كيف يمكنك تلافى تأثير رد فعل عضو الاستنتاج بحيث لا داعٍ لنقل الفرش عن موضعها النظرى (أى منطقة الحياد النظرية)

(٦) اذا كانت سرعة عضو استنتاج دينامو ٨٠٠ دورة فى الدقيقة وكان عضو التوحيد يحتوى على ١٢٣ قطاعاً نحاسياً وكان سمك الفرشة بحيث أنها تغطى قطاعين نحاسيين فما هو وقت القصر

(٧) دينامو مصمم ليعطى ٧٥ كيلو وات على سرعة ٣٩٠ دورة فى الدقيقة فاذا كان قطر عضو استنتاجه ٢٩ بوصة وطول قلب عضو الاستنتاج ١٢,٥ بوصة فما هو معامل الخرج (بند ٩١)

الباب الخامس

المحركات الكهربائية

الفصل الأول

نظرية المحركات

بند ٩٦ — ليست نظرية المحركات بالشيء الجديد على من تتبع بند ١٣٦،١٢ من الكلمة الأولى فقد برهنا أن كل موصل موضوع فى ساحة مغناطيسية وكان متعامداً بطوله على الخطوط وكانت كثافة الساحة ك لكل سنتيمتر مربع وشدة التيار المارة فى الموصل من ينبوع كهربائى س أمبير ، ل كانت طول الموصل القاطع للخطوط بالسنتيمتر . فالقوة المتبادلة بين مغناطيسية التيار فى الموصل ومغناطيسية الساحة = ك × ل × $\frac{س}{١٠}$ داين

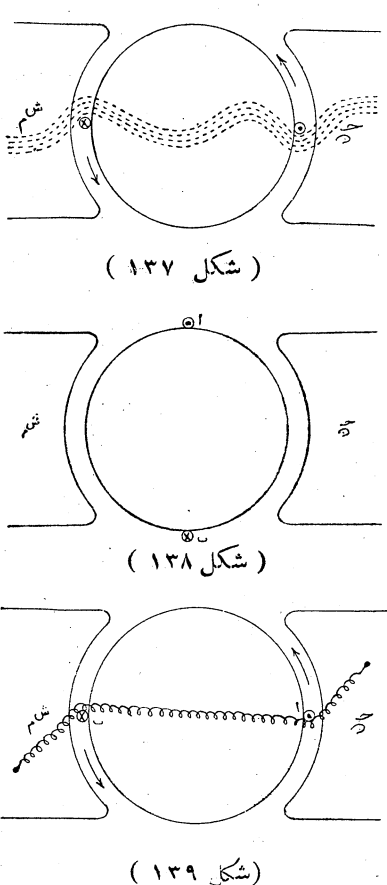
وبما أن الموصل قابل للحركة فلابد وأن يتحرك تحت تأثير هذه القوة المتبادلة اذاً لو وصلنا تياراً كهربائياً لأسلاك عضو استنتاج دينامو عن طريق الفرش وغذينا عضو التوليد بتيار كهربائى فلابد وأن تتولد قوة متبادلة بين مغناطيسية عضو التوليد ومغناطيسية التيار الكهربائى فى أسلاك عضو الاستنتاج يتسبب عنها حركة دوران عضو الاستنتاج . أى أن الدينامو يدور كمحرك بتأثير الدخل الكهربائى . ويوجد جملة طرق لمعرفة اتجاه الحركة

(١) نفرض أن ا ، ب قطاعا لفة على سطح عضو الاستنتاج مستويها فى اتجاه خطوط عضو التوليد وكان التيار الكهربائى من الينبوع الخارجى داخلا فى القطاع ب. وخارجاً من القطاع ا. وسير خطوط عضو التوليد من اليسار لليمين كما هو مبين بشكل (١٣٦) فلو طبقنا قانون قبضة اليد اليمنى لمعرفة اتجاه الخطوط المغناطيسية الناتجه عن التيار فى السلك ب نجد أن مغناطيسية التيار الكهربائى

فى ب فى اعلى القطاع تساعد خطوط عضو التوليد ولكن فى أسفل القطاع تعارضها . فالنتيجة أن خطوط عضو التوليد تنحرف عن سيرها فتتزاحم فى أعلى القطاع و تقل فى أسفله و بالعكس فى القطاع ا حيث تتزاحم فى أسفل القطاع

شكل ١٣٦

و تقل فى أعلاه (راجع الفصل الاول من الباب الرابع) وهذا التغيير فى اتجاه خطوط القوة المغناطيسية لعضو التوليد بتأثير خطوط القوة لمغناطيسية التيار فى اللفة ينتج عنه ضغط ميكانيكى على المصدر المسبب لهذا التغيير أى على اللفة ا ب



(شكل ١٣٧)

(شكل ١٣٨)

(شكل ١٣٩)

فتتحرك هذه الأخيرة بتأثير هذا الضغط الى الوضع الذى يزول فيه تاثير المغناطيسية المتولدة من التيار الكهربائى فيها على اتجاه سير مغناطيسية عضو التوليد وهو الوضع الذى يكون مستوى اللفة متعامداً على اتجاه الخطوط كما هو مبين بشكل **١٣٨**

ويمكننا أن نمثل التغيير الحاصل فى اتجاه خطوط عضو التوليد بسلك زمبلكى مثبت طرفاه بالقطب الشمالى والقطب الجنوبى المجاور له من أقطاب عضو التوليد . فاذا غيرنا اتجاه سيره الطبيعى من القطبين كما هو الحال فى الخطوط المغناطيسية لعضو التوليد كما فى شكل **١٣٩** تحركت اللفة ا ب بحركة دائرية فى الاتجاه المبين

يستنتج من ذلك أن حركة اللفة الدائرية تكون دائما فى اتجاه المنطقة الضعيفة أى بعكس المنطقة القوية المتزاحمة فيها الخطوط للاسباب السابقة

(٢) يمكن معرفة اتجاه حركة اللفة اذا عينا القطب الشمالى والجنوبى الناتج عن التيار الكهربائى فى اللفة وذلك بتطبيق احدى القوانين المعروفة مثل قانون البريمة . ففى اللفة ا ب حيث التيار داخل فى ب فرضاً وخارج من ا نلاحظ أن القطب الشمالى لخطوط الساحة المغناطيسية المتولدة من التيار فيها يكون فى أسفل مستوى اللفة كما فى شكل ١٣٦ فاتجاه الحركة هو كالمبين اذا لاحظنا تنافر القطب الشمالى لمغناطيسية التيار مع القطب الشمالى لمغناطيسية عضو التوليد

(٣) يمكننا تطبيق قانون فلمنج كما هو الحال فى الدينامو ولكن بدلا من استعمال اليد اليمنى تستعمل اليد اليسرى. والسبب فى ذلك هو أن التيار الكهربائى الداخل فى المحرك هو عكس القوة الدافعة المتولدة فيه نتيجة قطع الاسلاك لمغناطيسية عضو التوليد أثناء الدوران . وهذه القوة الدافعة هى المسببة لخروج التيار الكهربائى من المحرك اذا استعمل كدينامو فى نفس الاتجاه وبنفس اتجاه التدفق المغناطيسى لعضو التوليد (وسيأتى الكلام على ذلك بالتفصيل) والنتيجة من ذلك أن التيار الداخل فى المحرك هو عكس التيار الخارج منه وهو دينامو فى نفس الاتجاه كما قلنا . لهذا السبب تستعمل اليد اليسرى بدلا من اليد اليمنى

(٤) يمكننا استعمال قانون البريمة أو قبضة اليد اليمنى بالطريقة التى استعملناها فى معرفة اتجاه حركة السلك الموضوع أمام قطب ويحمل تياراً كهربائياً وهى الموضحة فى بند ١٢ شكل ١٢ و ١٤ (الكلمة الأولى)

ملاحظة . أن الحركة الدائرية للفة ا ب الناتجة عن القوة المتبادلة تستمر الى أن يأخذ مستوى اللفة وضعاً رأسياً بالنسبة لاتجاه خطوط مغناطيسية عضو التوليد كما فى شكل ١٣٨ حيث اتجاه الخطوط المغناطيسية المتولدة فى قلب اللفة والناتجة عن التيار الكهربائى فيها موازٍ لاتجاه خطوط مغناطيسية عضو التوليد

فعزم الدوران فى هذا الوضع يساوى صفراً. وهذا بديهى اذا عرفنا أن القلب الملفوفة عليه اللفة وهو المستوى المتعامد على اتجاه خطوط عضو التوليد (فى شكل ١٣٨) أصبح مغناطيسياً بتأثير التيار الكهربائى فى اللفة. فأحد وجهى هذا المستوى يكوّن القطب الشمالى والآخر القطب الجنوبى فالقوة المتبادلة تسبب حركة خطية وفى اتجاه واحد لكل من السلكين ا و ب. وبما أن اللفة مثبتة على سطح عضو الاستنتاج (كما هو معروف من الابواب السابقة) فالحركة تنقطع فى هذا الوضع

الفصل الثانى

العزم فى المحركات

بند **٩٧** — العزم المتولد فى المحركات وهو الناشئ عن القوة المتبادلة بين مغناطيسية التيار فى أسلاك الاستنتاج ومغناطيسية عضو التوليد هو المسبب للحركة لأن تيار أسلاك الاستنتاج مستمد من ينبوع كهربائى خارجى وليس متولداً فى الاسلاك نتيجة حركة عضو الاستنتاج بآلة ميكانيكية كما هو الحال فى الدينامو. ولذلك يسمى العزم فى المحركات بعزم دوران وتقديره هو تماماً كتقدير العزم الرجعى فى الدينامو ات أى $= \frac{\text{ت} \times \text{ش} \times ٢\text{ف}}{١٠^{٨} \times ٨,٥٢} \times \frac{٢\text{ ز}}{\text{ح}}$

بفرض أن ت = الفيض (أو التدفق) المغناطيسى المتشعع من كل قطب

و س = شدة التيار الكلية فى عضو الاستنتاج بالامبير

و ٢ ف = الاسلاك الكلية على عضو الاستنتاج بفرض أن ف = عدد اللفات

و ٢ ز = عدد الأقطاب

و ح = عدد الدوائر المتصلة بالتوازى بالنسبة للقوة الدافعة

المتولدة فى أسلاك الاستنتاج

والطريقة الآتية هى طريقة أخرى لتقدير العزم سواء فى المحركات أو فى الديناموات

نفرض أن $ك_{هـ}$ = الكثافة المغناطيسية فى الثغرة الهوائية = عدد الخطوط المغناطيسية المتشعة من أقطاب عضو التوليد على كل سنتمتر مربع من مساحة سطح عضو الاستنتاج

و ل = الطول القاطع للخطوط المغناطيسية لأسلاك عضو الاستنتاج بالسنتمتر

و ٢ نق = قطر عضو الاستنتاج

و ٢ ف = عدد أسلاك عضو الاستنتاج

$$\text{و ى} = \frac{\text{القوس القطبى}}{\text{الخطوة القطبية}}$$

و $ع_{د}$ = عزم الدوران على جميع أسلاك عضو الاستنتاج

و $س_{١}$ = شدة التيار بالأمبير فى كل سلك من أسلاك الاستنتاج

و س = شدة التيار الكلية (فى الفرش) بالأمبير

فالقوة على السلك وهى المتبادلة بين المغناطيسية المتولدة حوله ومغناطيسية عضو التوليد

$$= \frac{ك \times س_{١} \times ل}{١٠} \text{ داين (بند ١٣)}$$

وبما أن الفراغ بين كل قطبين معدوم من الخطوط المغناطيسية

∴ الاسلاك المحصورة فى هذا الفراغ غير معرضة لأى قوة

∴ الاسلاك الكلية على عضو الاستنتاج المعرضة للقوة المتبادلة السابقة

$= ٢ ف \times ى$

∴ القوة المتبادلة على جميع الاسلاك $= \frac{ك_{هـ} \times س_{١} \times ل \times ٢ ف \times ى}{١٠}$ داين

والعزم الكلى على جميع الاسلاك $ع_{ء} = \frac{ك_{هـ} \times س_{١} \times ل \times ٢ ف \times ى \times نق}{١٠}$

داين سنتمتر . . . . (١)

ولكن التدفق المغناطيسى المتشعع من كل قطب = الكثافة المغناطيسية $ك_{هـ}$ × مساحة سطح عضو الاستنتاج المواجه للقطب الواحد

أى أن $ت = ك_{هـ} \times \frac{ل \times ٢ ط نق \times ى}{٢ ز_{ِ}}$

$$∴ ك_{هـ} \times ل \times ى = \frac{ت \times ٢ ز_{ِ}}{٢ ط نق}$$

، $س_{١} = \frac{س}{ح}$ (بفرض أن ح عدد الدوائر)

اذاً بالتعويض فى المعادلة (١) ينتج أن

$$ع_{ء} = \frac{ت \times ٢ ز_{ِ} \times س \times ٢ ف \times نق}{١٠ \times ٢ ط نق \times ح}$$ داين سنتم

$$= \frac{ت \times س \times ٢ ف}{١٠ \times ٢ \times ط \times ٩٨١} \times \frac{٢ ز_{ِ}}{ح}$$ جرام سنتم

وبالكيلو جرام متر $= \frac{ت \times س \times ٢ ف}{١٠^{٨} \times ٢ ط \times ٩,٨١} \times \frac{٢ ز_{ِ}}{ح}$

وبالرطل قدم $= \frac{ت \times س \times ٢ ف}{١٠^{٨} \times ٨,٥٢} \times \frac{٢ ز_{ِ}}{ح}$

= ت × سر × عدد ثابت

من هذه النتيجة نستنتج أن العزم المحرك يتناسب مع التدفق المغناطيسى ت × شدة تيار الاستنتاج سر

قلنا أن هذا العزم فى المحركات هو المسبب لحركة دوران المحرك . فعند ما يدور المحرك بتأثير هذا العزم المتولد فيه تزيد سرعته تدريجياً الى أن يتساوى عزم الدوران بالعزم المعاكس للحركة وهو الناشىء عن الحمل المحمل به المحرك (أو القدرة الفرملية) وعن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى

الفصل الثالث

القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى المحرك

بند **٩٨** — بما أن أسلاك عضو الاستنتاج للمحرك تقطع الخطوط المغناطيسية لعضو التوليد أثناء الحركة فلا بد وأن تتولد قوة دافعة كهربائية كما هو الحال فى الدينامو . وبما أن هذه القوة الدافعة الكهربائية معاكسه للحركة (بند ٥٠) فهى معاكسة للضغط الكهربائى المغذى للمحرك والمسبب لعزم الدوران . وتقديرها هو تماماً كتقدير القوة الدافعة المتولدة فى المحرك اذا استعمل كدينامو بنفس السرعة وبنفس عدد الخطوط المغناطيسية فى عضو التوليد ويرمز لها بحرف **صر**

أى أن **صر** $= \dfrac{\text{ت} \times \text{٢ ز}_{\text{١}} \times \text{ى} \times \text{٢ ف}}{\text{٦٠} \times \text{١٠}^{\text{٨}} \times \text{ح}}$ (بند ٥١)

أى أن صر تتناسب مع السرعة × التدفق المغناطيسى (كما هو الحال فى الدينامو)

وتسمى هذه القوة المتولدة فى المحركات بالقوة الدافعة الرجعية

شدة التيار الكهربائى فى عضو استنتاج المحرك

بند ٩٩ — نفرض أن م = مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج بالأوم

، صه = الضغط على طرفى الفرش (وهو المستمد من ينبوع كهربائى خارجى)

، صهر = القوة الدافعة الرجعية (المتولدة أثناء الحركة)

، سه = شدة التيار فى عضو الاستنتاج

بما أن صه معاكسة صهر (بند ٩٨)

$$\therefore \text{سه} = \frac{\text{صه} - \text{صه}_{\text{ر}}}{\text{م}} = \frac{\text{الضغط على الفرش — القوة الدافعة الرجعية}}{\text{مقاومة الفرش والاستنتاج}}$$

يلاحظ أنه لا يمكن أن تزيد القوة الدافعة الرجعية عن الضغط المغذى للمحرك . اذ لو فرض ذلك لولد المحرك تياراً كهربائياً يتولد عنه عزم رجعى (كما هو معروف فى الديناموات بند ٩٤) يعاكس الحركة فتقل سرعته الى أن تقل صهر عن صه بمقدار مايفقد فى مقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيه الفرش

القدرة الكهربائية فى المحركات المحولة الى قدرة ميكانيكية

بند ١٠٠ — قلنا أن $\text{سه} = \frac{\text{صه} - \text{صه}_{\text{ر}}}{\text{م}}$

$\therefore$ سه م = صه — صهر . أى أن مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = الضغط على طرفى الفرش — القوة الدافعة الرجعية

وبضرب الطرفين فى سه ينتج لنا أن سه^{٢} م = سه صه — سه صهر

$\therefore$ سه صه — سه^{٢} م = سه صر

ولكن سه صه = القدرة الكلية الداخلة فى دائرة عضو الاستنتاج

، س٢م = القدرة المنصرفة من القدرة الكلية السابقة فى مقاومة لفات عضو الاستنتاج بما فيها الفرش. أى المتحولة الى صورة حرارية

، س صهر = القدرة الناشئة من شدة التيار فى لفات الاستنتاج والقوة الدافعة الرجعية

وبما أن س صهر هى القدرة الباقية من القدرة الكلية بعد خصم ما فقد فى الفرش ولفات الآستنتاج وتحول الى صورة حرارية كما قلنا

∴ س صهر عبارة عن القدرة المتحولة الى قدرة ميكانيكية فى المحرك أى الحركة له ضد مفقود الحديد (وهو الناشى عن القصور المغناطيسى والتيارات الاعصارية) والمفقود الميكانيكى والحمل المحمل به المحرك

مثال ذلك

محرك يدور بسرعة ٦٠٠ دورة فى الدقيقة. فاذا كانت شدة التيار الكهربائى فى لفات عضو الاستنتاج = ٢٠٠أمبير وكانت مقاومة الفرش ولفات الاستنتاج ٠٢ر٠" والضغط على طرفى الفرش = ٢٢٠ فلت. فما هى القدرة الفرملية اذا كان مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ٣٢٠ وات. واذا كان التدفق المغناطيسى = ٦ر٣ ميجا خط لكل قطب واللفات انطباقية فما هى عدد اللفات وما هو عزم الدوران

الحل : —

مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج = ٠٢ر٠" × ٢٠٠ أمبير = ٤ فلت

القوة الدافعة الرجعية = الضغط على الفرش — مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٢٢٠ فلت — ٤ فلت = ٢١٦ فلت

القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية = ٢١٦ فلت × ٢٠٠ أمبير (بند ١٠٠) = ٤٣٢٠٠ وات

وبما أن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = ٣٢٠ وات

اذاً القدرة الفرملية = ٤٣٢٠٠ — ٣٢٠ = ٤٢٨٨٠ وات = ٤٣ كيلووات تقريباً

الضغط الرجعى $ص_ر = \frac{ت \times ى \times ٢ ف}{١٠^٨ \times ٦٠} \times \frac{٢ ز_ر}{ح}$. وبما أن اللفات انطباقية

فعدد الدوائر $ح =$ عدد الاقطاب ٢ $ز_ر$ أى أن $ص_ر = \frac{ت \times ى \times ٢ ف}{١٠^٨ \times ٦٠}$

اذاً ٢١٦ فلت $= \frac{٣,٦ \times ١٠^٦ \times ٦٠٠ \times ٢ ف}{١٠^٨ \times ٦٠} = ٠,٧٢ \times$ ف اذاً ف $=$ ٣٠٠ لفة

عزم الدوران $= \frac{ت \times س \times ٢ ف}{١٠^٨ \times ٨,٥٢} = \frac{٣,٦ \times ١٠^٦ \times ٢٠٠ \text{ أمبير} \times ٢ \times ٣٠٠ \text{ لفة}}{١٠^٨ \times ٨,٥٢}$

$=$ ٤٨٤,٣ رطل قدم

مثال آخر

اذا كان التدفق المغناطيسى لمحرك ذى أربعة أقطاب هو ٤ ميجا خط لكل قطب وعدد اللفات على عضو الاستنتاج المتصلة بالتوالى بالنسبة للقوة الدافعة «الرجعية» المتولدة $=$ ١٦٠ لفة وعدد الدوائر $=$ ٢ والسرعة $=$ ٥٠٠ دورة فى الدقيقة فما هى الأحصنة المحركة اذا كانت شدة التيار فى عضو الاستنتاج $=$ ٥٠ أمبير

الحل : الاحصنة المحركة

$= \frac{\text{القوة الدافعة الرجعية بالفولت} \times \text{شدة تيار الاستنتاج بالأمبير}}{٧٤٦}$ (بند ١٠٠)

وعدد الاسلاك $=$ ضعف عدد اللفات $=$ ١٦٠ $\times$ ٢ $=$ ٣٢٠ سلك

القوة الدافعة الرجعية المتولدة $= \frac{٣٢٠ \text{ سلك} \times ٤ \times ١٠^٦ \text{ خط} \times ٥٠٠ \times ٤ \text{ أقطاب}}{١٠^٨ \times ٦٠}$

$\therefore$ عدد الاحصنة المحركة $= \frac{٣٢٠ \times ٤ \times ١٠^٦ \times ٥٠٠ \times ٤ \times ٥٠ \text{ امبير}}{١٠^٨ \times ٦٠ \times ٧٤٦}$

$=$ ٢٨,٥ حصان

حل آخر

عزم الدوران $= \frac{س \times ت \times ٢ف}{٨,٥٢ \times ١٠^{٨}} \times \frac{٢ز}{ح}$ رطل قدم (بند ٩٧)

$= \frac{٥٠ \times ٤ \times ١٠ \times ١٠^{٦} \times ٣٢٠ \times ٤}{٨,٥٢ \times ١٠^{٨}}$ (لان $\frac{٢ف}{ح} = ٣٢٠$ سلك)

والقدرة $=$ العزم $\times \frac{٢طى}{٦٠} = \frac{العزم \times ٢طى}{٦٠ \times ٥٥٠}$ حصان

$= \frac{٥٠ \times ٤ \times ١٠ \times ١٠^{٦} \times ٣٢٠ \times ٤}{٨,٥٢ \times ١٠^{٨}} \times \frac{٢ط \times ٥٠٠}{٦٠ \times ٥٥٠}$

$= ٢٨,٥$ حصان

الفصل الرابع

علاقة السرعة بالتدفق المغناطيسي والضغط على الفرشة

بند ١٠١ — القوة الدافعة الرجعية $ص_{ر} = \frac{ت \times ٢ز_{ر} \times ٢ف \times ى}{١٠^{٨} \times ٦٠ \times ح}$

$=$ ص — س م (بند ٩٨ و ٩٩)

$\therefore ى = \frac{ص - س م}{ت} \times \frac{١٠^{٨} \times ٦٠ \times ح}{٢ز_{ر} \times ٢ف}$

$= \frac{ص - س م}{ت} \times$ عدد ثابت (راجع الرموز فى بند ٩٩)

أى أن سرعة المحرك

$$= \frac{\text{الضغط على الفرش — مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج}}{\text{التدفق المغناطيسى لكل قطب}} \times \text{عدد ثابت}$$

$$= \frac{\text{القوة الدافعة الرجعية ضر}}{\text{التدفق المغناطيسى لكل قطب ت}} \times \text{ك}$$

$$\text{بفرض أن ك} = \text{عدد ثابت} = \frac{١٠^{٨} \times ٦٠ \times ح}{٢ ز \times ٢ ف}$$

وهذه العلاقة بين السرعة والقوة الدافعة المتولدة والتدفق المغناطيسى المبينة فى المحركات هى نفس العلاقة فى الديناموات . غير أن القوة الدافعة فى الاولى = الضغط على الفرش ض — مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج س م. وفى الثانية = الضغط على الفرش ض + مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج س م

فاذا كان المحرك غير محمل فان شدة التيار فى عضو الاستنتاج س تكون بسيطة . وبما أن مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج . م . لا تتعدى كسراً بسيطاً جداً . اذاً س م يمكن اهمالها

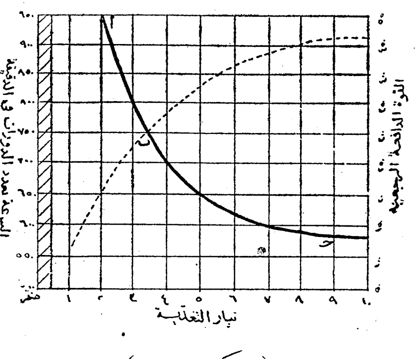
$$\text{فعلى هذا الاعتبار السرعة د} = \frac{\text{الضغط على الفرش ض}}{\text{التدفق المغناطيسى ت}} \times \text{ك}$$

أى أن ض = ضر (لأن س م = ض — ضر) بند **٩٩**

فاذا كان الضغط على الفرش ض ثابتاً فالسرعة تتناسب تناسباً عكسياً مع التدفق المغناطيسى ت . اى تتناسب مع تيار التغذية قبل وصول الاقطاب لدرجة التشبع

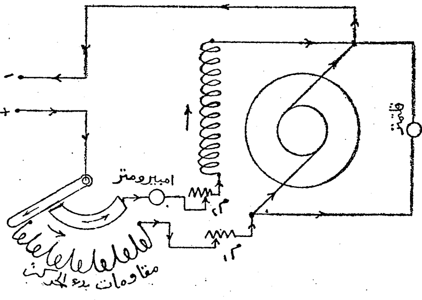
فاذا زدنا شدة تيار عضو التوليد (أى تيار التغذية) يزيد التدفق المغناطيسى فترتفع القوة الدافعة الرجعية فتهبط سرعة المحرك لأنه لا يمكن كما قلنا أن تزيد القوة الدافعة الرجعية ضر عن الضغط على الفرش (المستمد من ينبوع خارجى)

بل لا بد أن تكون على الاكثر مساوية له (وذلك اذا أهملنا مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج كما هو الحال فى المحرك الغير محمل)



(شكل ١٤٠)

والخط البيانى المرسوم (شكل ١٤٠) عبارة عن منحنى السرعة وتيار التغذية لمحرك غير محمل والقوة الدافعة الرجعية ض ر ثابتة على طول التجربة وذلك بجعل الضغط على الفرش ثابتاً وتغذية عضو التوليد مستقلا عن الفرش والشكل ١٤١ يبين كيفية توصيل المحرك لعمل هذه التجربة



(شكل ١٤١)

والاجهزة اللازمة هى : —

(١) مقاومات بدء حركة (بند ١٠٩)

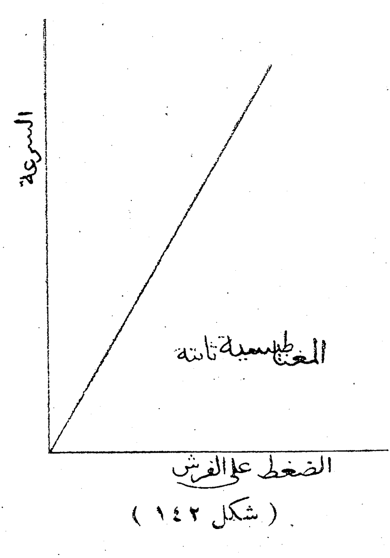
(٢) مقاومة بالتوالى مع لفات عضو التوليد $م_٢$ لتغيير تيار التغذية

(٣) مقاومة بالتوالى مع الفرش $م_١$ لجعل الضغط المستمد من الينبوع الكهربائى ثابتاً على طول التجربة

(٤) أمبيرومتر بالتوالى مع لفات عضو التوليد لقراءة تيار التغذية

(٥) فلتمتر لقراءة الضغط على طرفى الفرش (وهو الثابت على طول التجربة)

ويمكننا بنفس هذه التوصيلة أن نرسم المنحنى بين الضغط على الفرش والسرعة



(شكل ١٤٢)

وذلك بتثبيت تيـار التغذية بواسطة المقاومـه $م_٢$ وتغيير الضغط على الفرش بواسطة المقاومة $م_١$. والمنحنى شكل ١٤٢ يبين لنا هذه العلاقة وهو عبارة عن

$$\text{خط مستقيم لان } ء = \frac{\text{صه (المتغيرة)}}{\text{ت (الثابتة)}} \times ك_١$$

نلاحظ فى المنحنى الأول (شكل ١٤٠) أن المنحنى بين ١ ب عبارة عن خط مستقيم لأن الاقطاب بعيدة بين هاتين المنطقتين عن درجة التشبع فالتدفق يتناسب مع تيار التغذية والضغط على طرفى الفرش ثابت كما اشترطنا

ولـكن المنحنى يتقوس بين ب ، حـ لقرب الاقطاب من درجة التشبع بين هاتين النقطتين

ولـكن بعد النقطة حـ — حيث مفروض أن الاقطاب تشبعت — فالمنحنى يصير موازياً للسينات الأفقى حيث لا تؤثر زيادة تيار التغذية على السرعة

كذلك اذا قللنا تيـار التغذية فالمغناطيسية تقـل فترتفع السرعة حتى اذا وصلت المغناطيسية الى نهاية صغرى قريبة من الصفر فالسرعة ترتفع الى قيمة كبيرة جداً يخشى منهـا على المحرك كما يلاحظ من المنطقة المهشرة على المنحنى البيانى (شكل ١٤٠)

وقد رسمنا مع المنحنى منحنى التمغطس (وذلك بادارة المحرك كدينامو واتباع الطريقة المعروفة فى الابواب السابقة لايجاد هذا المنحنى) وهو المبين بنقط

مثال ذلك

(١) محرك غير محمل يدور بسرعة ١٥٠٠ دورة فى الدقيقة لما كان الضغط على الفرش ١٠٠ فلت . فاذا زدنا الضغط المغذى الى ١٥٠ فلت وجعلنا تيار لفات عضو التوليد ثابتاً فى الحالتين فما هى سرعته فى هذه الحالة

بما أن المحرك غير محمل فالضغط على الفرش = القوة الدافعة الرجعية تقريباً

و بما أن تيار لفات عضو التوليد ثابت فى الحالتين فالتدفق المغناطيسى متساوٍ فى الحالتين أيضاً

وبما أن $\text{ء} = \frac{\text{صم}}{\text{ت}} \times \text{ے}_{١}$ (بند ١٠١)

اذاً $١٥٠٠ = \frac{١٠٠}{\text{ت}} \times \text{ے}_{١}$

، $\text{ء}_{١} = \frac{١٥٠}{\text{ت}} \times \text{ے}_{١}$ بفرض أن $\text{ء}_{١}$ = السرعة فى الحالة الثانية

اذاً $\frac{١٥٠٠}{\text{ء}_{١}} = \frac{١٠٠}{١٥٠}$

اذاً $\text{ء}_{١} = \frac{١٥٠٠ \times ١٥٠}{١٠٠} = \underline{\underline{٢٢٥٠}}$ دورة فى الدقيقة تقريباً

مثال آخر

(٢) اذا كانت سرعة محرك غير محمل = ١١٠٠ دورة فى الدقيقة فاذا قللنا شدة التيار فى لفات عضو التوليد (بواسطة مقاومة منظمة) الى $\frac{٣}{٤}$ الشدة التى كانت فيه . فما هى السرعة فى هذه الحالة مع العلم أن الضغط على الفرش فى الحالتين = ١٠٠ فلت وان التدفق المغناطيسى يتناسب مع شدة تيار عضو التوليد

الحل :

بما أن المحرك غير محمل فالضغط على الفرش = القوة الدافعة الرجعية تقريباً

اذاً $١١٠٠ = \frac{١٠٠ \text{ فلت}}{\text{ت}} \times \text{ے}_{١}$

$$\text{ﻫ } ء_{ِ} = \frac{\text{١٠٠ فلت}}{ت_{ِ}}$$ بفرض أن $ء_{ِ}$ ، $ت_{ِ}$ = السرعة والتـــدفق المغناطيسى فى الحالة الثانية

وبما أن تيار عضو التوليد فى الحالة الثانية = $\frac{٣}{٤}$ التيار فى الحالة الأولى وأن التدفق يتناسب مع هذه الشدة

اذاً $ت_{ِ} = \frac{٣}{٤} ت$

وبالتعويض ينتج لنا أن $١١٠٠ = \frac{\text{١٠٠ فلت}}{ت} \times ء$

$$\text{ﻫ } ء_{ِ} = \frac{\text{١٠٠ فلت}}{\frac{٣}{٤} \times ت} \times ء_{ِ} = \frac{٤٠٠}{٣ت} \times \text{عدد ثابت}$$

$$\text{أى أن } \frac{ء_{ِ}}{١١٠٠} = \frac{٤٠٠}{٣ت} \times \frac{ت}{١٠٠}$$

$$\text{اذاً } ء_{ِ} = \frac{١١٠٠ \times ٤}{٣} = ١٤٦٦{,}٦ \text{ دورات فى الدقيقة تقريبا}$$

الفصل الخامس

رد فعل عضو الاستنتاج فى المحركات

بند ١٠٢ — بما أن التيار الكهربائى فى المحركات هو بعكس القوة الدافعة الرجعية $\left(\text{لأن } س = \frac{ص - ص_{ِ}}{م} \text{ بند ٩٩}\right)$ المتولدة فيه . أى أنه بعكس التيار الكهربائى الذى كان يخرجه المحرك لو استعمل كدينامو فى نفس

الاتجاه . اذاً رد فعل عضو الاستنتاج فى المحرك يؤثر على مناطق الحياد بعكس تأثيره عليها فى الدينامو . أى أن منطقة الحياد تتقهقر عن مركزها بين القطبين أى بعكس اتجاه حركة المحرك . وهذا بخلاف التأثير فى الدينامو حيث منطقة الحياد تتقدم فى ناحية الدوران (راجع البـاب الرابع) . ولذلك لمنع الشرر يجب أن نحرك الفرش بعكس اتجاه دوران المحرك « وليس فى اتجاه الدوران كما هو الحال فى الدينامو »

تأثير موضع الفرشة على حركة المحرك

بند ١٠٣ — ان مركز الفرش بالنسبة لمنطقة الحياد النظرية له تأثير على عزم دوران المحرك فاذا كانت الفرش موضوعة على هذه المنطقة فالعزم المتولد فى جميع اللفات التى على يمين الفرشة فى اتجاه العزم المتولد فى اللفات التى على يسارها كما يلاحظ من الشكل ١٤٣ وكلها تساعد على الدوران

ولـكن اذا نقلنا الفرش عن منطقة الحياد النظرية على يســارها مثلا فنلاحظ ان اللفات المحصورة بين الفرش ومحور الحياد النظرى أى بين الزاوية هـ مثلا (شكل ١٤٤) تولد عزماً معاكساً لحركة المحرك أى عزماً رجعياً . ويمكننا معرفة ذلك بالطريقة الثانية المذكورة فى بند ٩٦ لتعيين اتجاه حركة المحرك

اتجاه المغناطيسية فى قلب اللفة أ ت

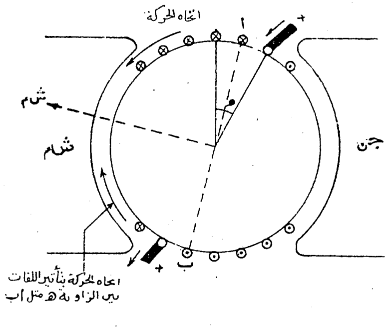
اتجاه المغناطيسية فى قلب اللفة أ ت

(شكل ١٤٣)

فوضع الفرش كما قلنا له تأثير على عزم الدوران أى على سرعة المحرك .

وأحسن وضع للفرش للانتفاع بجميع العزم الناتجة من مغناطيسية التيار الكهربائى فى جميع لفات عضو الاستنتاج ومغناطيسية عضو التوليد هو منطقة الحياد النظرية

ولـكن بالنسبة لرد فعل عضو الاستنتاج وتأخر منطقة الحياد عن موضعها فى اتجاه معاكس للحركة فلاجل منع الشرر (كما هو الحال فى الديناموات .



(شكل ١٤٤)

الباب الرابع) يجب أن نؤخر الفرش أى نحركها بعكس حركة المحرك حتى توضع فى منطقة الحياد العملية . وفى هذه الحالة تضعف مغناطيسية عضو التوليد كما سبق شرح ذلك فى الديناموات وبما أن أضعاف المغناطيسية يسبب ارتفاع السرعة (بند ١٠١) فالسرعة ترتفع قليلا رغم العزم الرجعى المتولد نتيجة وضع الفرش فى غير منطقة الحياد النظرية لأن هذا التأثير الأخير أقل من التأثير الأول

اذاً يمكن تنظيم سرعة المحرك بواسطة تحريك الفرش بعكس اتجاه الدوران

تمرينات على الباب الخامس

اذا كان عدد مجارى عضو استنتاج محرك ذى أربعة أقطاب يساوى ٤٧ مجرى وكل منها يحتوى على ٢٤ سلكا فما هو عزم الدوران المؤثر على عضو الاستنتاج . مع العلم أن التدفق المغناطيسى هو ١,٣٣ ميجاخط لكل قطب وشدة التيار فى لفات الاستنتاج يساوى ١٧ أمبير واللفات تموجية

(٢) محرك ذو أربعة أقطاب يحتوى عضو استنتاجه على ٩٩ سلك . فاذا كان عزم الدوران المؤثر هو ١٥٠ رطل قدم عند ما كانت شدة التيار فى لفات الاستنتاج ٣٣ أمبير فما هو الضغط على طرفى الفرش عند ما يدور بسرعة ٧٠٠ دورة فى الدقيقة . مع العلم أن مقاومة لفات الاستنتاج ٠٦٥," ومفقود الضغط فى الفرش يساوى ٢,٣ فلت واللفات انطباقية

(٣) محرك تدفقه المغناطيسى ٢,٣٥ ميجاخط لكل قطب وسرعته ٩٥٠ دورة فى الدقيقة عند ما يكون التيار فى لفات الاستنتاج ١٢٩ أمبير والضغط

على الفرش ٢٢٠ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج ٠٫٢٩٥" والضغط المفقود فى الفرش ٢٫٢ فلت . فاذا قل التدفق المغناطيسى الى ٢ ميجا خط لكل قطب والضغط على الفرش الى ٢٠٠ فلت فما هى سرعة المحرك فى هذه الحالة مع العلم أن عزم الدوران المؤثر ثابت ومتساوٍ فى كلتا الحالتين

(٤) ما هى القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية فى المحركات وكيف تبرهن على ذلك

(٥) اذكر أربعة طرق لمعرفة اتجاه حركة محرك اذا عرفت اتجاه التيار الكهربائى فى أسلاك عضو الاستنتاج واتجاه خطوط التدفق المغناطيسى فى عضو التوليد . يجب الاستعانة بالرسم فى جميع الحالات

(٦) العوامل الآتية موجودة فى المحركات وفى الدينامواات على السواء والمطلوب توضيح الفرق فى تأثير أو فى تقدير كل منها على كل من النوعين. —

(١) رد فعل عضو الاستنتاج

(٢) تحريك الفرش لتجنب الشرر

(٣) اذا كان الضغط على الفرش صہ ومفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج سہ م فما هى القوة الدافعة المتولدة

(٤) العلاقة بين السرعة والقوة الدافعة المتولدة والتدفق المغناطيسى

(٥) العزم المتولد فى اسلاك الاستنتاج

(٦) الحمل

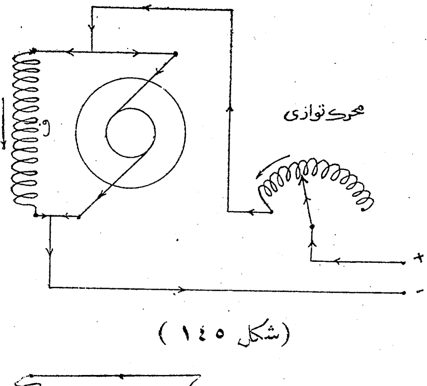
الباب السادس

العلاقة بين السرعة والحمل فى المحركات

الفصل الأول

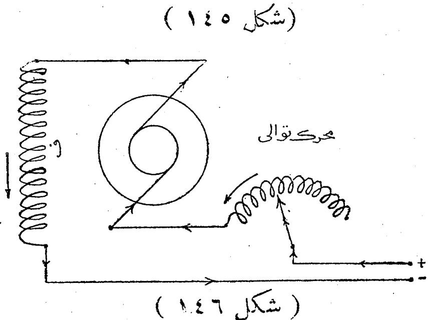
أنواع المحركات بالنسبة لتغذية أقطابها

بند ١٠٤ — أنواع المحركات بالنسبة لتغذية أقطابها هى تماما كأنواع الديناموات ذات التغذية الذاتية . والشكل ١٤٥ عبارة عن محرك توازى . أى أن لفات عضو توليده ف متصلة بالتوازى مع الفرش ولفات عضو الاستنتاج لأن التيار الكهربائى المستمد من ينبوع كهربائى خارجى جزء منه يمر بلفات التغذية والباقى بلفات عضو الاستنتاج عن طريق الفرش كما هو مبين



(شكل ١٤٥)

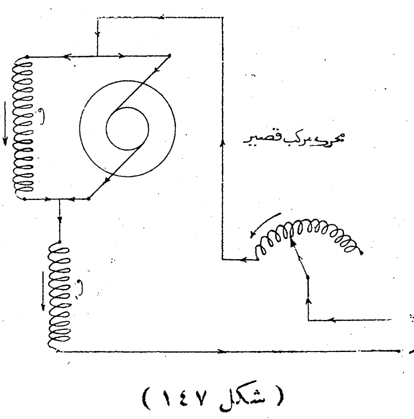
والشكل ١٤٦ عبارة عن محرك توالى أى أن لفات عضو توليده ف متصلة بالتوالى مع الفرش ولفات عضو الاستنتاج



(شكل ١٤٦)

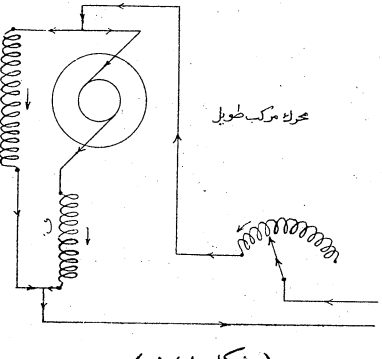
والشكل ١٤٧ عبارة عن محرك مركب قصير أى أن لفات عضو توليد التوازى ف متصلة مباشرة بالفرش ولفات التوالى ف متصل أحدى طرفيها

بأحدى طرفى الفرشتين والطرف الآخر بالينبوع . كما هو مبين فالتيار الكهربائى فى هذه اللفات فِ = التيار الكلى المستمد من الينبوع



(شكل ١٤٧)

والشكل ١٤٨ عبارة عن محرك مركب طويل . أى أن أحد طرفى لفات التوازى ف متصل مباشرة بأحدى الفرشتين والطرف الآخر متصل بأحدى طرفى لفات التوالى فِ والطرف الثانى لهذه اللفات الأخيرة متصل بالفرشة الثانية



(شكل ١٤٨)

فالتيار الكهربائى فى لفات التوالى = التيار الكلى المستمد من الينبوع — التيار فى اللفات التوازى ف

والمركب بنوعيه اما أن تكون لفات التوالى فيه معاكسة للفات التوازى أى يولد مغناطيسية معاكسة لمغناطيسية لفات التوازى. ويسمى بمركب تفريق أو أن تكون لفات التوالى فيه مساعدة — فيما يختص بتوليد المغناطيسية — للفات التوازى ويسمى بمركب اضافى

الفصل الثانى

مميزات كل نوع من أنواع المحركات

بما أن الغرض من المحركات هو عكس الغرض من الديناموات أى أنها معدة لعمل شغل ميكانيكى فكل ما يهم فى معرفة مميزات كل نوع من هذه الأنواع هو العلاقة بين الحمل المحمل به المحرك وسرعته

محرك توازى

بند **١٠٥** — عرفنا من (بند ١٠١) أن السرعة $ى = \frac{\text{صه} - \text{سه م}}{\text{ت}} \times \text{ك}_{\text{ب}}$

بفرض أن **صه** = الضغط على الفرش (أى المستمد من ينبوع خارجى) ، ش = شدة التيار فى لفات الاستنتاج ، م = مقاومة الفرش ولفات الاستنتاج ، ت = التدفق المغناطيسى فى كل قطب ، $\text{ك}_{\text{ب}} = \frac{١٠^{٨} \times ٦٠ \times \text{ح}}{٢ \text{ز}_{\text{ـ}} \times ٢ \text{ف}}$

فاذا كان الضغط على الفرش فى محرك التوازى ثابتاً فزيادة الحمل لا تؤثر على مغناطيسية عضو التوليد ت . الا أن زيادة الحمل يسبب زيادة فى العزم المقاوم لحركة المحرك عن عزم الدوران المسبب للحركة. فالسرعة تهبط. فتقل القوة الدافعة الرجعيـة فتزيد شدة التيار فى لفات الاستنتاج ($\text{سه} = \frac{\text{صه} - \text{صه}'}{\text{م}}$) بند ٩٩

وعلى ذلك يزيد عزم الدوران لأنه يتناسب مع $\text{سه} \times \text{ت}$ (بند ٩٧) الى أن يتساوى مع العزم المقاوم للحركة فيستمر المحرك فى دورانه على سرعة ثابتة ولكنها أقل من الاول . وبما أن هبوط السرعة النـاتج عن زيادة الحمل سببه زيادة مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج أى سه م كما يلاحظ من المعادلة السابقة

($ى = \frac{صه - س_م}{ت} \times ك_ر$) وهذا المفقود هو بسيط جداً رغماً عن زيادة الشدة بزيادة الحمل . اذاً هبوط السرعة بزيادة الحمل يكون بسيطاً جداً يمكن تلافيه بأضعاف مغناطيسية عضو التوليد وذلك بتحريك الفرش ضد اتجاه الحركة كما سبق الكلام على ذلك (بند ١٠٣) وعلى هذا يمكن اعتبار محرك التوازى ثابت السرعة مهما زاد الحمل. ومع ذلك يمكن اضافة لفات على أقطاب محرك التوازى توصل بالتوالى مع الينبوع الكهربائى ويكون اتجاه لفها معاكساً لاتجاه لفات التوازى ويسمى هذا النوع من المحركات بمركب تفريقى . وتنظيم السرعة فى هذا النوع أوتوماتيكى لانه اذا زاد الحمل زادت شدة التيار فى لفات التوالى (للسبب المبين سابقاً ببند ١٠١) فتزيد المغناطيسية حولها و بما أن هذه اللفات معاكسة فى الاتجاه للفات التوازى فالمغناطيسية الناتجة عنها تكون معاكسة لمغناطيسية لفات التوازى وعليه فزيادة التيار فى لفات التوالى ينتج عنه اضعاف لمحصلة المغناطيسيتين فتزيد السرعة

ملحوظة — يجب فى المركب التفريقى عدم تحميل المحرك زيادة عن طاقته لئلا يزيد تيار لفات التوالى لدرجة أن المغناطيسية الناتجة عنه تمحى مغناطيسية لفات التوازى فيقف المحرك لان عزم الدوران (المتناسب مع ت × سه) اللازم لادارة المحرك ضد الحمل يساوى فى هذه الحالة صفراً

ولكن هذا النوع من المحركات (المركب التفريقى) نادر الاستعمال لان محرك التوازى يمكن جعل سرعته ثابتة مهما زاد الحمل بطريقة تحريك الفرش عكس الدوران الموضحة فى نهاية بند ١٠٣ . خصوصاً وأن عزم دوران المركب التفريقى فى بدء الحركة ضعيف جداً لان محصلة التدفق المغناطيسى — الناتجة من تأثير مغناطيسية لفات التوالى على مغناطيسية لفات التوازى المعاكسة لها — ضعيفة جداً لاندفاع التيار الكهربائى فى عضو الاستنتاج وبالتالى فى لفات التوالى بقيمة كبيرة لعدم تولد قوة دافعة رجعية فى بدء الحركة حيث السرعة صفر

استعمال محرك التوازى

بند ١٠٦ — يستعمل هذا النوع فى الآلات التى لا تحتاج الى عزم دوران قوى فى بدء الحركه مثل المخارط . والمنحنى (شكل ١٤٩) يبين العلاقة بين شدة تيار الاستنتاج والسرعة لمحرك توازى عند ما يكون الحمل (الميكانيكى) المحمل به المحرك متغيراً والضغط الكهربائى على طرفى الفرش (وهو المستمد من ينبوع كهربائى خارجى) ثابتاً فالتيار الكهربائى فى لفات عضو التوليد و بالتالى التدفق المغناطيسى فى الاقطاب يكون ثابتاً

اذاً العلاقة بين تيار عضو الاستنتاج والسرعة بتغيير الحمل بالشروط السابقة هى نفس العلاقة بين العزم المحرك (لانه يتناسب مع س × ت) والسرعة

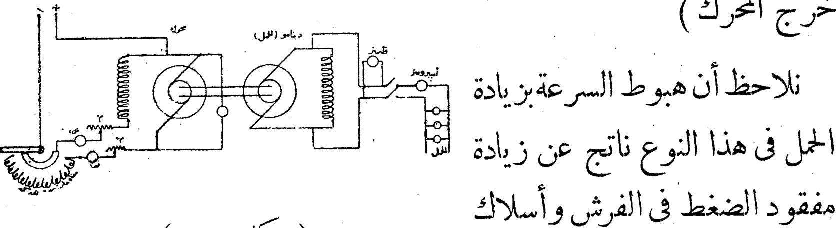
وقد قلنا فى نهاية بند (٩٧) عند ما تثبت السرعة على حمل ما فلا بد ان يتساوى العزم الرجعى (بما فيه المفاقيد الميكانيكية والحديدية طبعاً) بالعزم المحرك

اذاً هذا المنحنى — أو أى منحن يبين العلاقة بين عزم الدوران فى المحرك وما يقابل له من سرعته — يبين لنا أيضاً تأثير الحمل على هذه السرعة ولذلك يسمى هذا المنحنى بالمنحنى الخاص الميكانيكى للمحرك

والشكل ١٥٠ يبين كيفية توصيل هذا النوع لايجاد المنحنى الخاص الميكانيكى له وهو موصل للينبوع بنفس الاجهزة والطريقة الموصل بها المحرك فى شكل ١٤١ . والغرض من وضع المقاومات $م_1$ ، $م_2$ هو لتثبيت شدة تيار التغذية والضغط على الفرش أثناء التجربة . والحمل المحمل به المحرك (حسب هذا الشكل) هو دينامو توازى يدور بواسطة هذا المحرك وموصل

(شكل ١٤٩)

لدائرة مصابيح . فتغيير خرج الدينـــامو معناه تغيير الحمل على المحرك (أو خرج المحرك)

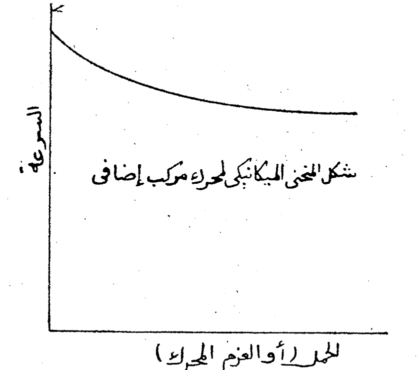


(شكل ١٥٠)

نلاحظ أن هبوط السرعة بزيادة الحمل فى هذا النوع ناتج عن زيادة مفقود الضغط فى الفرش وأسلاك الاستنتاج (لأن $ء = \frac{ص - س م}{ت} \times ك_1$) وهو كما قلنا بسيط يؤثر تأثيراً بسيطاً على السرعة لأن المغناطيسية والقوة الدافعة الرجعية ثابتتان تقريباً كما بينا ذلك

المركب الاضافى

بند ١٠٧ — فى هذا النوع لفات التوالى تساعد لفات التوازى فالسرعة تنقص بزيادة الحمل وذلك لزيادة مغناطيسية التوالى المساعدة للتوازى ($ء = \frac{ص - س م}{ت} \times ك_1$) ومقـدار النقص متوقف على نسبة أمبير لفات التوالى الى أمبير لفات التوازى .



(شكل ١٥١)

فلو فرضنا أن أمبير لفات التوازى كانت ٤٠٠٠ والتوالى على أقصى حمل كانت ١٥٠٠ . فاذا أهملنا تشبع الاقطاب ومفقود الضغط فى النحاس كانت السرعة على أقصى حمل $= \frac{٤٠٠٠}{٤٠٠٠ + ١٥٠٠}$ × ١٠٠ = ٧٣ ٪ من سرعته وهو غير محمل . ولـكن عنـد تصميم هذا النوع يراعى فيه أن الاقطاب تتشبع عند وصول الحمل لاقصى مايمكن للمحرك

تحمله بحيث أن السرعة لا تقل عن ٨٠ ٪ من سرعته وهو غير محمل . وامتياز هذا النوع عن الذى قبله أن عزم دورانه أقوى من السابق فى بدء الحركة لأن المغناطيسية تكون كبيرة جداً لاندفاع شدة التيار فى بدء الحركة للسبب السابق ذكره ولذلك يستعمل فى الآلات التى تحتاج الى عزم دوران قوى مثل المصاعد وآلات التجليخ حيث الاحمال ثقيلة ومتقطعة . اذ من مميزاته أيضاً أن سرعته لا تتعدى السرعة القانونية مهما قلّ الحمل وذلك لأن التدفق المغناطيسى الناتج عن لفات التوازى ثابت مادام الضغط على الفرش ثابت. والمنحنى البيانى (شكل ١٥١) يبين العلاقة بين السرعة والحمل . ويمكننا عمل هذه التجربة عملياً لأن عزم الدوران يتناسب مع الحمل بما فيه مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى وهذه المفاقيد تقريباً ثابتة . وبما أن عزم الدوران يتناسب مع ت س (بند ٩٧) وفى المركب الاضافى مغناطيسية لفات التوالى تتناسب مع س اذا كان الضغط على طرفى الفرش ثابتاً والمركب من النوع الطويل فالعزم يتناسب مع س٢ الى أن تصل الاقطاب الى درجة التشبع حيث لا تتغير المغناطيسية بزيادة س ففى هذه الحالة يتناسب عزم الدوران مع س

اذاً يمكننا رسم منحنى بين س٢ والسرعة وهذا يبين العلاقة بين الحمل والسرعة لحد محدود وهو التشبع

ملحوظة — اذا كان المركب قصيراً فشدة تيار لفات التوالى تزيد عن شدة تيار الاستنتاج بمقدار لفات التوازى . وهذا الاخير بسيط جداً يمكننا أن نعتبر أن شدة تيار التوالى تساوى تقريباً تيار الاستنتاج

محرك التوالى

بند ١٠٨ — بما أن لفات التوليد فى هذا النوع متصلة بالتوالى مع الينبوع والفرش وبما أن هبوط السرعة الناتج عن زيادة الحمل المحمل به سيعقبه هبوط فى القوة الدافعة الرجعية صر (بند ٩٨) وبما أن الضغط على الفرش صه ثابت

تقريباً (حيث يمكننا أن نهمل ما يفقد منه فى لفات التوالى)

اذاً شدة التيار فى لفات الاستنتاج ترتفع وكذلك فى لفات عضو التوليد (لأن هذه الاخيرة متصلة بالتوالى مع الاولى) . فالمغناطيسية ترتفع أيضاً فيزيد

هبوط السرعة ى حيث = $\frac{\text{ص} - \text{س م}}{\text{ت}} \times \text{ك}_1$ (بند ١٠١)

من ذلك نرى أن زيادة الحمل فجأة فى هذا النوع يؤثر على سرعته تأثيراً كبيراً . لذلك لا يمكن استعمال هذا النوع الا فى الاحمال الثابتة

أما اذا زدنا الضغط المستمد من الينبوع الكهربائى على طرفى فرش هذا النوع وهو محمل بحمل ما فالتيار الكهربائى س فى عضو الاستنتاج يزيد وكذلك المغناطيسية لانها تتناسب مع س . فعزم الدوران الذى يتناسب مع س × ت (نهاية بند ٩٧) أى مع س^{2} فى هذا النوع يزيد زيادة كبيرة . وعلى ذلك ترتفع السرعة ضد هذا الحمل بعزم أقوى من أى نوع آخر

وبما أنه يجب فى بدء حركة أى محرك زيادة التيار فى الفرش (أو الضغط على طرفى الفرش) تدريجياً (للاسباب الموضحة فى الباب السابع)

اذاً العزم فى بدء حركة هذا النوع أقوى بكثير من الانواع السابقة

كذلك كلما قلّ الحمل زادت السرعة فتزيد القوة الدافعة الرجعية فتهبط المغناطيسية ت (ى = $\frac{\text{ص} - \text{س م}}{\text{ت}} \times \text{ك}_1$)

اذاً من الخطر على محرك التوالى اذا أدرناه وهو غير محمل لأن التدفق المغناطيسى يكون صغيراً جداً والسرعة ترتفع لدرجة غير مأمونة العواقب

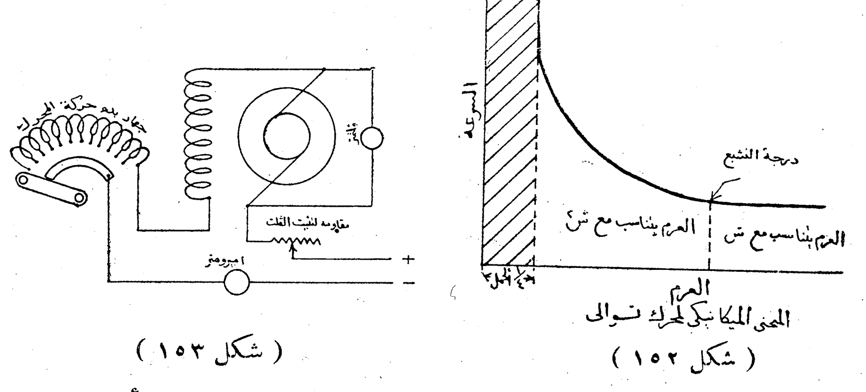
نستنتج من ذلك

أولا : ان محرك التوالى تهبط سرعته كلما زاد الحمل وبالعكس

ثانياً . عزم الدوران فى بدء الحركة لهذا النوع قوى جداً (أقوى من المركب الاضافى لأنه يتناسب مع س^{2} قبل الوصول لدرجة التشبع والمغناطيسية كلها ناتجة عن لفات التوالى)

لذلك يستعمل هذا النوع فى الآلات ذات الاحمال الكبيرة فى بدء الحركه والثابتة فى قيمتها طول حركة الدوران. والآلات الناقلة مثل القاطرات الكهربائية هى التى يستعمل فيها هذا النوع

والمنحنى المرسوم شكل ١٥٢ يبين المنحنى الخاص الميكانيكى لهذا النوع



المنحنى الميكانيكى لمحرك توالى

(شكل ١٥٢)

(شكل ١٥٣)

والشكل ١٥٣ يبين كيفية التوصيل. والحمل هنا مفروض أنه فرملة من الفرامل الميكانيكية

يلاحظ أنه بعد درجة التشبع وهى النقطة المبينة على المنحنى مثلا تثبت السرعة تقريباً بزيادة الحمل لأن التدفق المغناطيسى .ت. لا يتأثر بزيادة شدة التيار س أى بزيادة الحمل وبما أن مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج لا يتعدى كسراً بسيطاً مهما كان الحمل. اذاً السرعة ى تكون تقريباً ثابتة كما قلنا. أى أن

$$\frac{\text{ص} - \text{س م}}{\text{ت}} \times \text{ك}_{١} \quad \text{تكون ثابتة}$$

امثلة محلولة على الباب السادس

(١) اذا كان الضغط المستمد من ينبوع على طرفى فرش محرك توازى = ١١٥ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش = ١٥ر" وشدة التيار الكهربائى فى أسلاك الاستنتاج عند ما يكون غير محمل = ٥ أمبير وعند ما

يحمل بأقصى حمل = ٤٠ أمبير . فاذا كانت سرعته فى الحالة الاولى (وهو غير محمل) = ١٥٠٠ دورة فى الدقيقة فما هى سرعته فى الحالة الثانية (محمل)

الحل .

$$\text{سرعة أى محرك } ى = \frac{\text{ص} - \text{س}\, م}{ت} \times ك_١$$

$$\text{أى} = \frac{\text{القوة الدافعة الرجعية ص}'}{ت} \times ك_١$$

$$\text{اذاً } ١٥٠٠ = \frac{١١٥ \text{ فلت} - ٥ \text{ أمبير} \times ١٥،\text{"}}{ت} \times ك_١$$

$$\text{وفى الحالة الثانية } ى = \frac{١١٥ \text{ فلت} - ٤٠ \text{ أمبير} \times ١٥،\text{"}}{ت_١} \times ك_١$$

وبما أن المحرك توازى والضغط على الفرش (١١٥ فلت) ثابت

اذاً التدفق المغناطيسى ت فى الحالة الاولى = التدفق $ت_١$ فى الحالة الثانية

$$\text{اذاً } \frac{١٥٠٠}{ى} = \frac{١١٥ - ٧٥،}{١١٥ - ٦} = \frac{١١٤،٢٥}{١٠٩}$$

$$\text{اذاً } ى = \frac{١٥٠٠ \times ١٠٩}{١١٤،٢٥} = \underline{\underline{١٤٣٠}} \text{ دورة فى الدقيقة}$$

من هذا المثل يتضح لنا أن هبوط السرعة عند ما حملنا هذا النوع بأقصى حمل كان بسيطاً لا يتعدى ٥ ٪

(٢) دينامو توازى خرجه ٤٠ كيلووات والضغط على الحمل ٢٠٠ فلت وسرعته ٢٠٠ دورة فى الدقيقة ومقاومة لفات استنتاجه بما فيها الفرش ٠٢٥،" ولفات عضو توليده ٥٠". فالمطلوب ايجاد سرعته اذا استعمل كمحرك توازى دخله ٤٠ كيلووات على ضغط ٢٠٠ فلت

الحل : —

الآلة كدينامو

شدة تيار الحمل للدينامو = $\frac{\text{٤٠٠٠٠ وات}}{\text{٢٠٠ فلت}}$ = ٢٠٠ أمبير

شدة التيار فى لفات التوازى = $\frac{\text{الضغط على الحمل}}{\text{مقاومة لفات التوازى}}$ = $\frac{\text{٢٠٠ فلت}}{\text{٥٠"}}$

= ٤ أمبير

الشدة الكلية الخارجة من لفات الاستنتاج = شدة تيار الحمل + التيار فى لفات التوازى = ٢٠٠ + ٤ = ٢٠٤ امبير .

القوة الدافعة المتولدة = الضغط على الحمل + مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج = ٢٠٠ فلت + ٢٠٤ × ٠٢٥ر" = ٢٠٥,١ فلت = ٢٠٥ تقريباً .

الآلة كمحرك

شدة التيار الكلية أى المستمدة من الينبوع الخارجى = $\frac{\text{دخل المحرك بالوات}}{\text{الضغط على الفرش}}$

= $\frac{\text{٤٠٠٠٠ وات}}{\text{٢٠٠ فلت}}$ = ٢٠٠ امبير ، شدة التيار فى لفات التوازى = $\frac{٢٠٠}{٥٠}$

= ٤ أمبير

شدة التيار فى لفات الاستنتاج = الشدة الكلية — التيار فى لفات التوازى

= ٢٠٠ أمبير — ٤ = ١٩٦ امبير

القوة الدافعة الرجعية = الضغط على الفرش — مفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج = ٢٠٠ فلت — ١٩٦ × ٠٢٥ر" = ١٩٥ فلت تقريبا

وبما أن السرعة ء = $\frac{\text{القوة الدافعة صه}}{\text{التدفق المغناطيسى ت}}$ × ے وهذه المعادلة كما قلنا فى بند ١٠١ منطبقة على الدينامو والمحركات

وبما أن العدد الثابت ے لم يتغير فى الحالتين لأن الآلة المستعملة فى كليهما واحدة

اذاً فى الدينامو ٢٠٠ دورة = $\frac{\text{٢٠٥ فلت}}{\text{ت}}$ × ے

وفى المحرك ء = $\frac{\text{١٩٥}}{\text{ت}}$ × ے

وبما أن التغذية فى الحالتين متساوية اذاً ت = ت

اذاً $\frac{\text{ء}}{\text{٢٠٠}} = \frac{\text{١٩٥}}{\text{٢٠٥}}$

اذاً ء = $\frac{\text{١٩٥}}{\text{٢٠٥}}$ × ٢٠٠ = ١٩٠ دورة فى الدقيقة

(٣) يراد ادارة محرك بحيث تكون سرعته ٦٠٠ دورة فى الدقيقة فاذا كان عدد الأحصنة الفرملية للمحرك (أى الحمل) يساوى ٣٠ حصان والضغط على الفرش يساوى ٢٢٠ فلت وجودة المحرك ٩٠ ٪ وعدد أقطابه ٤ والتدفق المغناطيسى ٣٫٦ ميجا خط لكل قطب . فما هى عدد أسلاك عضو الاستنتاج اذا كانت اللفات تموجية وأقصى مفقود فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٢٣٥ وات والمحرك من نوع التوالى

الحل : —

القدرة البيانية (أى المعطاة للمحرك) = $\frac{\text{القدرة الفرملية}}{\text{الجودة فى المائة}}$

= $\frac{\text{٣٠ × ١٠٠ × ٧٤٦}}{\text{٩٠}}$ = ٢٤٨٩٧ وات

∴ شدة التيار الكهربائى = $\frac{\text{القدرة المعطاة للمحرك}}{\text{الضغط على الفرش}}$

= $\frac{\text{٢٤٨٩٧ وات}}{\text{٢٢٠ فلت}}$ = ١١٣ أمبير

مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش

= $\frac{\text{القدرة المفقودة فى الفرش وأسلاك الاستنتاج}}{\text{س}^{٢}}$ = $\frac{\text{٢٣٥وات}}{\text{١١٣}^{٢}}$ = ٠١٨٤ر"

١١٣ أمبير = $\frac{\text{ص} - \text{ص}_{\text{ر}}}{\text{م}}$ = $\frac{\text{٢٢٠} - \text{ص}_{\text{ر}}}{\text{٠١٨٤ر}"}$

اذاً $\text{ص}_{\text{ر}}$ = ٢٢٠ − (١١٣ × ٠١٨٤ر) = $\frac{\text{ت} \times \text{٢ ز} \times \text{ى} \times \text{٢ ف}}{\text{١٠}^{٨} \times \text{٦٠} \times \text{ع}}$

= $\frac{\text{٣٫٦} \times \text{١٠}^{٦} \times \text{٤} \times \text{٦٠٠} \times \text{٢ف}}{\text{١٠}^{٨} \times \text{٦٠} \times \text{٢}}$

من هذين المعادلتين ينتج لنا أن ٢ ف = ١٨٠ سلكا

(٤) دينامو توالى سرعته ١٥٠٠ دورة فى الدقيقة ويأخذ ١٠ أمبير على حمل ما . فاذا زاد الحمل فجأة وزادت الشدة نتيجة ذلك الى ١٥ أمبير فما مقدار هبوط سرعته فى المأية مع العلم أن مقاومة لفات التوالى ١ر" ومقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج ١ر" والضغط على طرفى المحرك = ١١٥ فلت

الحل :—

السرعة = $\frac{\text{القوة الدافعة الرجعية ص}_{\text{ر}}}{\text{التدفق المغناطيسى ت}}$ × ك١

الضغط على طرفى الفرش = ١١٥ فلت — مفقود الضغط فى لفات التوالى

فقبل زيادة الحمل الضغط على الفرش = ١١٥ — ١٠ × ١ر" = ١١٤فلت

وبعد زيادة الحمل الضغط على الفرش = ١١٥ — ١٥ × ١ر = ٥ر١١٣ فلت

والقوة الدافعة الرجعية فى الحالة الاولى = ١١٤ فلت — مفقود الضغط

فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ١١٤ — ١٠ × ١ر = ١١٣ فلت

وفى الحالة الثانية = ٥ر١١٣ — ١٥ × ١ر = ١١٢ فلت

$$\text{السرعة } ١٥٠٠ = \frac{١١٣ \text{ فلت}}{\text{ت}} \times \text{ك}$$

$$\text{وفى الحالة الثانية ى} = \frac{١١٢ \text{ فلت}}{\text{ت}_{\text{ـ}}} \times \text{ك}$$

$$\text{ولكن } \frac{\text{التدفق ت فى الحالة الاولى}}{\text{التدفق ت}_{\text{ـ}} \text{ فى الحالة الثانية}} = \frac{١٠ \text{ أمبير}}{١٥ \text{ أمبير}} = \frac{٢}{٣}$$ (لأن المحرك توالى

وذلك قبل الوصول لدرجة التشبع

$$\text{اذاً } \frac{\text{ى}}{١٥٠٠} = \frac{١١٢}{١١٣} \times \frac{٢}{٣}$$

$$\text{اذاً ى} = \frac{١١٢}{١١٣} \times \frac{٢}{٣} \times ١٥٠٠ = ٩٩٠ \text{ دورة}$$

$$\text{الهبوط فى المائة} = \frac{٩٩٠}{١٥٠٠} \times ١٠٠ = ٦٦٪$$

من هذا المثل يتضح لنا أن محرك التوالى لا يمكن استعماله فى الاحمال المتقطعة

تمرينات على الباب السادس

(١) اذا كان الضغط المستمد من ينبوع على طرفى فرش محرك توازى = ٢٠٠ فلت ومقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش = ٠٥ر" وشدة التيار الكهربائى فى أسلاك الاستنتاج عند ما يكون غير محمل = ٣ أمبير وعند ما

يحمل بأقصى حمل = ٤ أمبير . فاذا كانت سرعته فى الحالة الأولى (غير محمل) = ١٨٠٠ دورة فى الدقيقة فما هى سرعته فى الحالة الثانية (محمل)

(٢) دينامو توازى خرجه ١٠٠ كيلووات والضغط على الحمل = ١١٠ فلت وسرعته ٣٠٠ دورة فى الدقيقة ومقاومة لفات استنتاجه بما فيها الفرش = ٠٫٠٥ ومقاومة لفات عضو توليده = ٠٫٠٩ . فالمطلوب ايجاد سرعتـه اذا استعمل كمحرك توازى دخله ١٠٠ كيلووات على ضغط ١١٠ فلت

(٣) يراد ادارة محرك بحيث تـكون سرعته ٨٠٠ دورة فى الدقيقة . فاذا كان عدد الأحصنة الفرملية للمحرك (أى الحمل) يساوى ٤٠ حصاناً والضغط على الفرش = ١١٠ فلت وجودة المحرك = ٩٠ ٪ وعدد أقطـــابه أربعة والتدفق المغناطيسى ٤ × ١٠^٦ خطوط لـكل قطب

فما هو عدد أسلاك عضو الاستنتاج اذا كانت اللفات تموجية وأقصى مفقود فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٣٠٠ وات . والمحرك من نوع التوالى

(٤) محرك ذو أربعة اقطاب يحتوى قلب عضو استنتاجه على ٦١ مجرى لوضع الأسلاك . وكل مجرى به ٢٠ سلـكا . فاذا كان التدفق المغناطيسى لـكل قطب = ٢٫٣ ميجا خط فما هو العزم المحرك اذا كانت شدة التيار فى الفرش = ٥٠ أمبير واللفات تموجية

(٥) اذ كر مع الرسم أنواع المحركات بالنسبة لتغذية أقطابها وامتياز كل نوع عن الآخر والدوائر التى يستعمل فيها كل منها

(٦) ما الفرق بين الحمل المحمل به دينامو والحمل المحمل به محرك وكيف يمكنك عملياً ايجاد العلاقة بين الحمل والسرعة فى محرك توازى

(٨) اذ كر عيوب المحرك التفريقى ومميزاته وما هو نوع المحرك المستعمل عوضاً عنه لامكان استيفائه لمميزات النوع الأول وخلوه من عيوبه

الباب السابع

مقـــاومات بدء الحركة

الفصل الأول

بدء حركة محرك

بند ١٠٩ — عند بدء حركة المحرك القوة الدافعة المتولدة فيه (الرجعية) = صفراً

ومعروف أن مقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيها الفرش صغيرة جداً خصوصاً فى المحركات المصممة تصميما دقيقا . فلو فرضنا أن الفلت المغذى للمحرك = ١٠٠ فلت ومقاومة الفرش والاستنتاج = ٠٫٠٥" فشدة التيار

فى بدء الحركة $= \frac{\text{ص} - \text{ص}_{\text{ر}}}{\text{م}} = \frac{١٠٠}{٠٫٠٥} =$ ٢٠٠٠ أمبير ولـكن هذه الشدة

كبيرة جداً ولذلك فهى خطرة جداً على المادة العازلة فى أسلاك عضو الاستنتاج فضلا عن خطورتها على نفس المولد المستمد منه التيار (لأنها بمثابة حصول قصر فى المولد) . فلتلافى ذلك يجب أن توضع مقاومة كبيرة بالتوالى مع عضو الاستنتاج فى بدء الحركة وتنقص تدريجياً الى أن يبلغ المحرك أقصى سرعته فلا خطر من قطعها فى النهاية

وفى بدء الحركة يجب أن يكون التيار فى عضو التوليد أقصى ما يمكن لأننا محتاجون لمغناطيسية كبيرة فى بدء الحركه لتتولد قوة دافعة رجعيـة تساعد على عدم اندفاع التيار فى عضو الاستنتاج . ثم نقلل من هذه المغناطيسية تدريجياً فى

نفس الوقت الذى نقلل فيــه مقاومة عضو الاستنتاج فترتفع السرعة تدريجيا

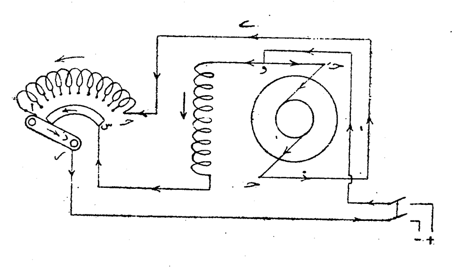
$$\left(\text{ء} = \frac{\text{صه} - \text{س}_{\text{ع}}\ \text{م}}{\text{ت}} \times \text{ك} \right)$$

وتسمى الأجزة المعدة لذلك بمقاومات بدء الحركة

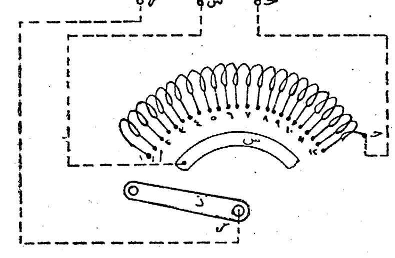
الفصل الثانى

جهاز مقاومات بدء حركة بسيط لمحرك توازى

بند **١١٠** — الشكل **١٥٤** يبين جهاز مقاومات بدء حركة بسيطة لمحرك توازى والشكل **١٥٥** يبين كيفية توصيله بالمحرك (وهى نفس التوصيلة المبينة فى الرسومات السابقة لمحرك توازى)



(شكل ١٥٥)



(شكل ١٥٤)

وهو مكوّن من ذراع ذ يتحرك حول المركز م . ومثبت فى برواز الجهاز ساق من النحاس س مقوس الشكل وموضوع بحيث أن الذراع يلامسه فى أثناء حركته الدائرية . وعنـد تحريك الذراع يمر بطرفه الأعلى على المقاومات المبينة من **١** الى **١٢** مثلا

فاذا وصلنا الجهاز كما فى شكل **١٥٥** وحركنا ذراع الجهاز الى أن يمس نقطة ا فالتيار الكهربائى يمر من الينبوع ويتفرع فى نقطة . و. فجزء منه ر فى

لفات عضو التوليد ثم يرجع للطرف السالب للينبوع عن طريق القوس س .
والجزء الآخر يمر بلفات الاستنتاج . ويخرج من الفرشة ح ويمر بمقاومات
الجهاز ومنها للطرف السالب عن طريق الذراع والقوس النحاسى . فكلما حركنا
الذراع فى ناحيـة الطرف ح للمقاومات كلما قلت هذه الاخيرة وهى متصلة
بلفات الاستنتاج عن طريق الفرش

نلاحظ فى هذه التوصيلة أن لفات عضو التوليد لا تقابلها أى مقاومة من
من هذه المقاومات سواء فى فتح أو قفل الجهاز

نقائص هذا النوع

بند ١١١ — نقائص هذا النوع محصورة فى الأحوال الآتية

أولا — عنـد ترك ذراع التوصيلة للقوس النحاسى المتصل بلفات عضو
التوليد لو قف المحرك ستنقطع دائرة عضو التوليـــد (علاوة على قطع دائرة
عضو الاستنتاج)

وبما أن المحرك توازى . فمقاومة لفات عضو توليده يجب أن تكون كبيرة
لنفس الاسباب التى ذكرناها فى لفات توليد دينامو التوازى (بند ٦٧)
(غير أن هـذه اللفات فى المحرك متصلة بالتوازى مع الفرش ولفات الاستنتاج
ولـكن فى الدينامو بالتوازى مع الحمل) . اذاً يجب أن تكون عدد اللفات كبيرة
حتى يمكن توليد التدفق المغناطيسى لدرجة التشبع

اذاً فقطع دائرة لفات عضو التوليد عند ترك ذراع الجهاز للقوس النحاسى
يتسبب عنه قوة دافعة كهربائية شديدة $= \text{ع}_{\text{ه}} \times \frac{\text{س}}{\text{ز}}$ فلت بفرض أن $\text{ع}_{\text{ه}} =$
معامل الاستنتاج الذاتى (أو النفسى) بالهنرى ، س = شدة التيار فى لفات التوليد
قبل ترك الذراع للقوس النحاسى بالامبير ، ز = زمن قطع الدائرة بالثوانى (بند ٢٤) وبما
أن $\text{ع}_{\text{ه}}$ تتناسب مع مربع عدد اللفات ($\text{ع}_{\text{ه}} = \frac{١,٢٥٧ \times \text{ن} \times \text{س}}{\text{ل} \times ١٠^{٨}} \times \text{ف}^{٢}$)

فالنتيجة تكون اندفاع تيار كهربائى (نتيجة هذا الاستنتاج الذاتى) بين القوس النحاسى وذراع التوصيلة وقت فصل هذا الأخير عن الاول يتسبب عنه شرارة كبيرة . وهـذه الشرارة فضلا عن خطورتها على نفس الجهاز فهى خطرة على ما يجاورها اذا كان من المواد القابلة للاحتراق

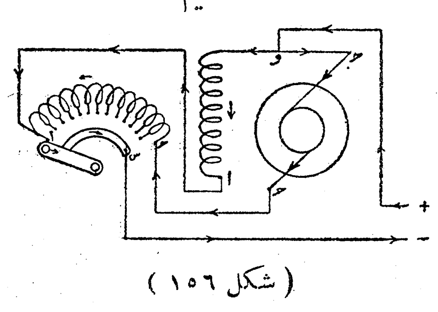
لذلك يجب عند استعمال هـذا النوع توصيل مفتاح توصيله قبـل الجهاز يفتح أولا عند قطع التيار

ثانيـاً — اذا انقطع الضغط الكهربائى المستمد من الينبوع الكهربائى لادارة المحرك أثناء دوران هذا الاخير نتيجة خللٍ وقتى فى المحطة الكهربائية يقف المحرك . فاذا اتصل التيار قبل أن يتنبه العامل المشتغل على هذا المحرك و يفتح جهاز بدء الحركة (وكثيراً ما نلاحظ فى المنازل التى بها مصابيح كهربائية قطع التيار الكهربائى و وصله فى برهة قصيرة) فيندفع التيار الكهربائى حيث لا يجد أمامه غير مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج وقد شرحنا خطر ذلك فى بند **١٠٩** (حيث يكون بمثابة قصر على الدينامو فى المحطة الكهربائية المستمد منـه التيار فضلا عن خطره على المادة العازلة للاسلاك)

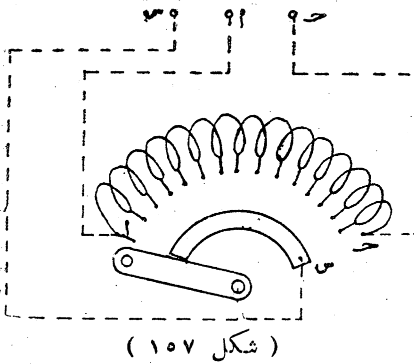
ثالثاً — كذلك لو زاد الحمل المحمل به المحرك عن طاقة هذا الاخير فالتيار الكهربائى سيندفع فى لفات الاستنتاج لهبوط السرعة نتيجة هـذا الحمل و بالتالى هبوط القوة الدافعة الرجعية صه

تلافى النقص الاول

بند **١١٢** — ولكن يمكن تلافى النقص الاول بتصميم مقاومات هـذا الجهاز بحيث يمكننا توصيله كما فى شكل **١٥٦** . وشكل **١٥٧** يبين نفس الجهاز . فاذا حركنا الذراع الى بدء المقاومات وهو نقطة ١ فالتيـار الكهربائى يمر من الينبوع ويتفرع



(شكل ١٥٦)



(شكل ١٥٧)

فى نقطة (و) فجزء منه يمر بلفات عضو التوليد ثم بذراع الجهاز ومنه للطرف السالب للينبوع عن طريق القوس النحاسى س . أى أن التيار الكهربائى فى لفات التوليد — عند ما يكون الذراع على طرف المقاومات ١ أى فى بدء الحركة — لا يقابل أى مقاومة أثناء مروره الا مقاومة لفات التوليد نفسها والجزء الآخر من التيار الكهربائى يمر من نقطة و الى أسلاك عضو الاستنتاج عن طريق الفرشة ح١ ثم يخرج من الفرشة ح فيمر بجميع المقاومات من ١٢ الى ١ ثم للطرف السالب للينبوع عن طريق الذراع والقوس النحاسى س

وبعد ما يثبت المحرك على سرعته المبدئية (أى على أول حركة لذراع المقاومات) ينقل الذراع على الدرجة الثانية ٢ فتقل المقاومات المتصلة بلفات عضو الاستنتاج (أى بالفرش) وعليه تزيد شدة التيار فى هذه اللفات (لأن الضغط على الفرش زاد عما كان قبل نقل الذراع للدرجة الثانية عن القوة الدافعة الرجعية)

ويساعد على زيادة التيار الكهربائى فى لفات الاستنتاج ان الدرجة أو درجات المقاومات التى تحذف من دائرة الفرش تضاف الى دائرة عضو التوليد فتقل المغناطيسية . وهكذا الى أن يصل الذراع الى نهاية الدرجات حيث تضاف جميع درجات المقاومة الى دائرة عضو التوليد وتحذف من دائرة عضو الاستنتاج وفى هذا الوضع يبلغ المحرك أقصى سرعته بالنسبة لتصميم هذا الجهاز

مميزات هذا التصميم لجهاز مقاومات بدء الحركة عما قبله

بند **١١٣** — مميزات هذا التصميم هى :

(١) زيادة مقاومة دائرة عضو التوليد تدريجياً فى الوقت الذى تقل فيه

مقاومة دائرة الفرش فتقل المغناطيسية وهـذا يساعد على ارتفاع السرعة (ى

$$= \frac{\text{صه} - \text{سه م}}{\text{ت}} \times \text{ك}_{1} \;)$$

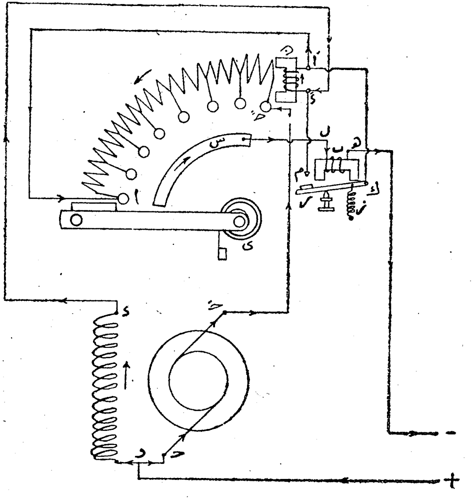
(٢) عند قطع دائرة المحرك وذلك بارجاع الذراع خارج القوس فطرفا لفات عضو التوليد لايزالان متصلين ببعضهما عن طريق مقاومات بدء الحركة والفرش وهذا مما يمنع الخطر الذى كان ينشأ من الاستنتاجات الذاتية (أو النفسية) التى تتولد نتيجة قطع دائرة لفـات عضو التوليد — كما هو الحال فى قطع دائرة ملف كهربائى متعدد اللفات وملفوف حول قلب من الحديد — لأن هذه الطاقة المستنتجة تنصرف فى هذه المقاومات فى صورة حرارية

وأما النقص الثـانى والثالث للجهـاز الاول فما زالا موجودين فى هذه التوصيلة كما هو واضح من الشكل

الفصل الثالث

جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازى بقاطع أوتوماتيكى

بند ١١٤ — الشكل ١٥٨ يبين جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازى بتصميم أوتوماتيكى لفتح دائرة المحرك عند قطع الضغط على الفرش لأى سبب فجائى أو عند زيادة الحمل عن طاقة المحرك



(شكل ١٥٨)

والجهاز المعد للحالة الاولى (قطع الضغط) هو عبارة عن مغناطيس كهربائى ه يحتوى على قلب من الحديد ملفوف عليه ملف كهربائى معزول وموصل احد طرفيه ا بطرف المقاومات ا و الطرف الآخر ى١ يوصل لأحد طرفى لفات عضو التوليد ى . ويوجد جهاز آخر ب معد لفتح دائرة التوصيلة اذا زاد الحمل على المحرك عن حده القانونى المصمم له . وهو عبارة عن مغناطيس كهربائى موصل أحد طرفيه ل بالقوس النحاسى س والطرف الآخر بأحد طرفى الينبوع الكهربائى . وموضوع أمام المغناطيس الكهربائى رافعه ر تتحرك من أسفل الى أعلا حول المركز ل ضد الزنبلك ز . ومتصل مركز الرافعة ل بالطرف اَ بواسطة سلك موصل . وأمام الطرف الآخر للرافعة مسمار م مثبت فى الجهاز وموضوع بحيث لا يتلامس مع طرف الرافعة الا اذا تحركت من أسفل الى أعلى . وهذا المسمار متصل بالطرف ىَ بواسطة سلك موصل

وكيفية توصيل هذا الجهاز بالمحرك هو كالمبين بالشكل (١٥٨) فعند تحريك

الذراع ضد اليای . ی . فالتيار الكهربائی يمر كما هو موضح بالأسهم . والذراع يبقی فی موضعه حـ تحت تأثير جاذبية المغناطيس الكهربائی ن

فلو فرض أن الينبوع الكهربائی المستمد منه المحرك حركته انقطع لأی سبب من الاسباب فالامبير فی لفات المغناطيس الكهربائی ن يساوی صفراً فالذراع العمومی للجهاز يرجع تحت تأثير اليای المثبت فی نهايته ی فتنفتح الدائرة .

كذلك لو زاد الحمل عن حده فالتيار الكهربائی فی لفات المغناطيس ب يولد مغناطيسية تزيد قوتها على قوة الزمبلك ز المتصل بالرافعة ر فی أسفل المغناطيس فتجذب الرافعة الى المغناطيس ب ويحصل تماس بين الرافعة والمسمار م فيتحول التيار الكهربائی من لفات المغناطيس ن أو يتحول جزء منه فتضعف مغناطيسيته ويرجع الذراع العمومی تحت تأثير قوة الزمبلك فتفتح الدائرة

الفصل الرابع

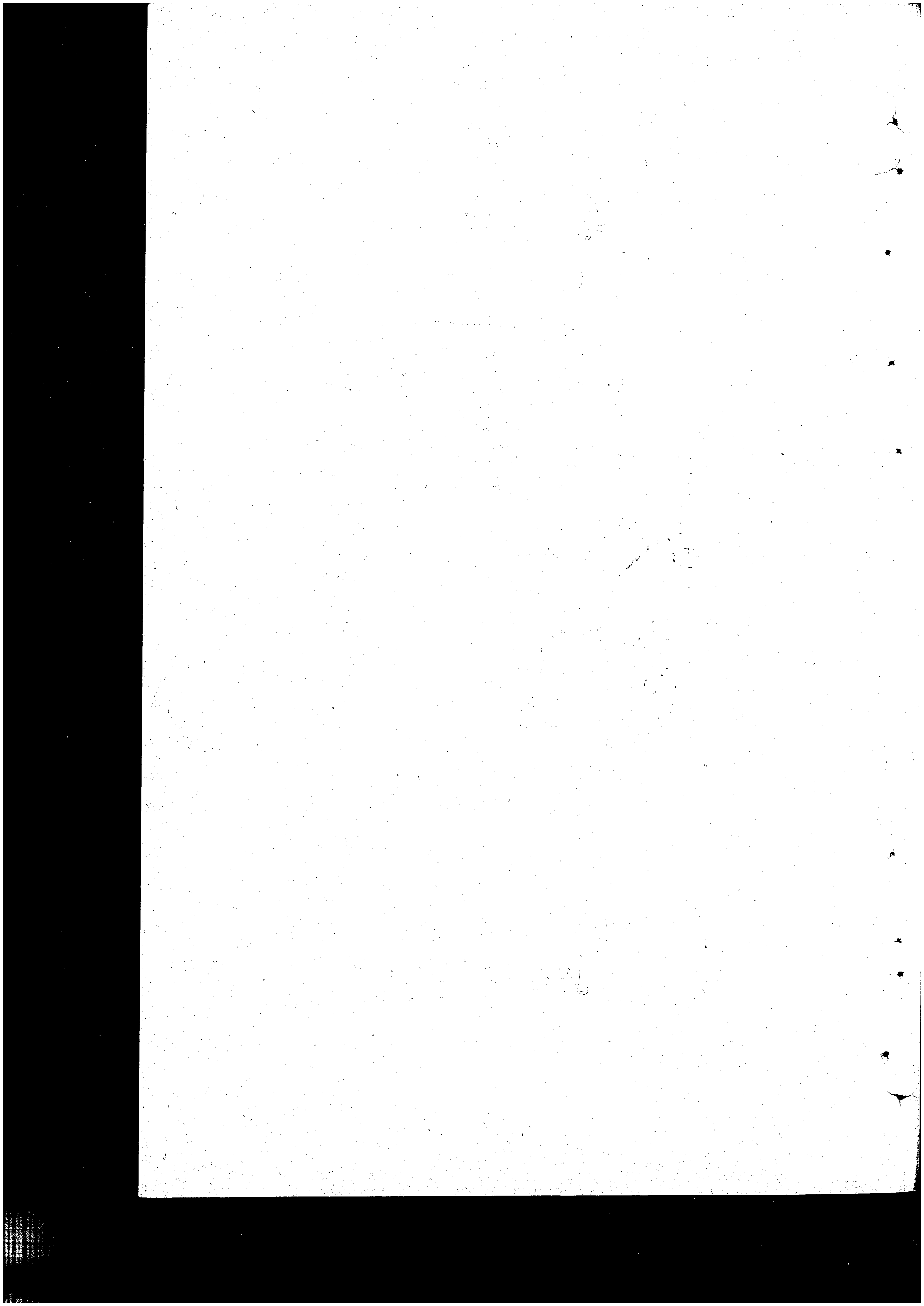
تقدير درجات مقاومات بدء الحركة للمحرك

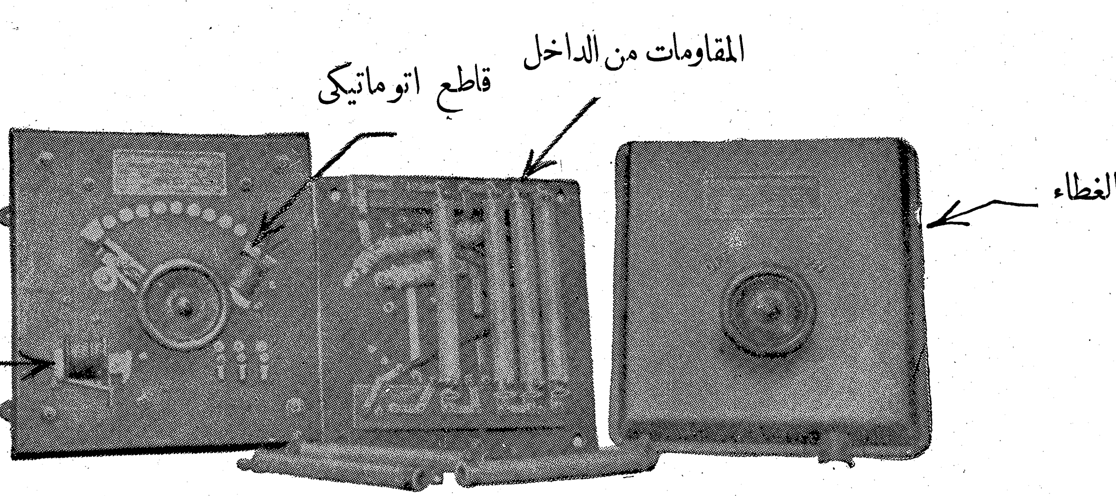
بند ١١٥ — لتقدير مقاومات منظم بدء الحركة لمحرك توازی يجب أن يكون أمامنا حدان لشدة التيار الكهربائی

(الأول) أقصى شدة للتيار الكهربائی يمكن للمحرك تحملها عند قيامه أو تغيير سرعته الى أعلى من سابقتها ولتكن س أمبير

(الثانی) شدة التيار على أقصى حمل ولتكن $س_{١}$. ويجب أن نعرف أيضاً الضغط اللازم للمحرك وليكن ض . فلو فرضنا أن م ، $م_{١}$ ، $م_{٢}$ ، $م_{٣}$ .... $م_{ن-١}$ = مقاومات جهاز بدء الحركة فی الخطوة الأولى والثانية والثالثة الى الأخيرة بفرض أن ن = عدد خطوات الجهاز . ويلاحظ أن مقاومة الفرش والاستنتاج مضافة لكل منها

أی أن $م_{ن}$ = مقاومة الفرش والاستنتاج





جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازى بما فيه القواطع الاتوماتيكية

فالخطوة الاولى للمنظم — $س = \frac{ص}{م}$ (لأن القوة الدافعة الرجعية تساوى صفراً)

وعند مايبلغ المحرك أقصى سرعته على المقاومة م فان شدة التيار الكهربائى تهبط الى $س_١$ بحيث أن $\frac{ص - ص_ر}{م} = س_١$ بفرض أن $ص_ر$ تساوى القوة الدافعة الرجعية المتولدة على هذه السرعة .

الخطوة الثانية للمنظم — وعند تحريك اليد الى $م_١$ فشدة التيار الكهربائى $= \frac{ص - ص_ر}{م_١}$. وبعد أن يبلغ المحرك أقصى سرعته على $م_١$ فان الشدة تهبط الى $س_١$ بحيث أن $\frac{ص - ص_ر^١}{م_١} = س_١$ بفرض أن $ص_ر^١$ = القوة الدافعة على هذه السرعة الثانية

الخطوة الثالثة للمنظم — وفى الخطوة الثالثة $س = \frac{ص - ص_ر^١}{م_٢}$ ،

$س_١ = \frac{ص - ص_ر^٢}{م_٢}$ وهكذا الى آخر خطوة حيث $س_ر = \frac{ص - ص_ر^{ن-١}}{م_{ن-١}}$

$$\therefore \frac{س}{س_١} = \frac{م}{م_١} = \frac{م_١}{م_٢} = \frac{م_٢}{م_٣} = \dots = \frac{م_{ن-١}}{م_ن}$$

مثال ذلك : محرك توازى ١٠ حصان فرملى ، ٤٦٠ فولت ويأخذ ٢٠ أمبير على أقصى حمل فاذا كان أقصى شدة مسموح بها عند بدء كل حركة لذراع جهاز بدء الحركة هى ٣٠ أمبير فما هى عدد خطوات المنظم ومقاومة كل حركة على حدتها . مع العلم بأن مقاومة أسلاك عضو الاستنتاج بما فيها الفرش = ٦ر"

الحل

$م = \frac{٤٦٠}{٣٠} = ١٥,٤$ أوهم ، $\frac{م}{م_١} = \frac{س}{س_١} = \frac{٣٠}{٢٠} = \frac{٣}{٢}$

∴ $م_١ = \frac{١٥,٤ \times ٢}{٣} = ١٠,٣$ أوهم ، $م_٢ = \frac{١٠,٣ \times ٢}{٣} = ٦,٨$ أوهم

، $م_٣ = \frac{٦,٨ \times ٢}{٣} = ٤,٥$ أوهم ، $م_٤ = \frac{٤,٥ \times ٢}{٣} = ٣$ اوهم

، $م_٥ = \frac{٣ \times ٢}{٣} = ٢$ اوهم ، $م_٦ = \frac{٢ \times ٢}{٣} = ١\frac{١}{٣}$ أوهم

، $م_٧ = \frac{٤}{٣} \times \frac{٢}{٣} = ٠,٩$ اوهم ، $م_٨ = \frac{٠,٩ \times ٢}{٣} = ٠,٦$ اوهم

= مقاومة الفرش والاستنتاج

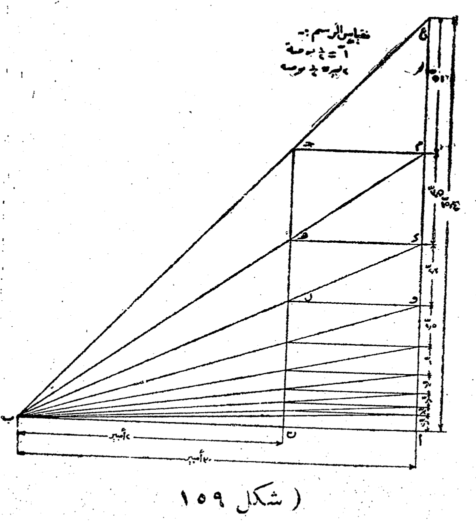
وبطرح كل مقاومة من سابقتها ينتج لنا مقاومة كل خطوة

والمقاومات = ١٥,٤ ١٠,٣ ٦,٨ ٤,٥ ٣ ٢ ١,٣ ٠,٩ ٠,٦

∴ مقاومة كل خطوة = ٥,١ ٣,٥ ٢,٣ ١,٥ ١ ٠,٧ ٠,٤ ٠,٣

∴ عدد خطوات المنظم = ٨ خطوات

وتوجد طريقة أخرى لحل المسائل التى من هذا النوع وهى الطريقة الهندسية المبينة بشكل ١٥٩



(شكل ١٥٩

فالخط ا ب عبارة عن أقصى شدة مسموح بها عند بدء كل

حركة لذراع الجهاز وهى ٣٠ امبير فى هذا المثل (ومقياس الرسم مبين فى الشكل) نأخذ ﻫ ب على هذا الخط ليمثل شدة التيار على أقصى حمل وهى ٢٠ أمبير ثم نقيم من نقطة ١ عموداً ١ ع يمثل مجموع المقاومات للجهاز بما فيه مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج وهو يساوى فى هذا المثل $\frac{\text{٤٦٠ فلت}}{\text{٣٠ أمبير}}$ = ١٥,٤"

ثم نصل ع ب فيتقاطع مع العمود القائم من نقطة ﻫ فى نقطة ح . فاذا رسمنا من نقطة ح المستقيم ح م موازياً للقاعدة ١ ب وفرضنا أن م نقطة تقاطع هذا المستقيم مع ١ ع

فالجزء ع م من المقاومة الكلية ١ ع (١٥,٤") عبارة عن مقاومة الخطوة الاولى للجهاز وهى ٥,٦"

البرهان : بما أنه فى المثلث ع ١ ب الخط ﻫ موازٍ للضلع ع ١

∴ $\frac{\text{ع ١}}{\text{ح ﻫ}} = \frac{\text{١ ب}}{\text{ﻫ ب}}$. أى أن $\frac{\text{م}}{\text{م}_1} = \frac{\text{س}}{\text{س}_1} = \frac{\text{٣٠ أمبير}}{\text{٢٠ أمبير}} = \frac{\text{١٥,٤"}}{\text{م}_1}$

∴ م$_1$ = ١٠,٣"

∴ مقاومة الخطوة = ١٥,٤" — ١٠,٣" = ٥,٦"

فاذا وصلنا م ب وأخذنا من نقطة ﻫ — وهى تقاطع م ب مع ح ﻫ — ﻫ ى موازياً للقاعدة يمكننا أن نبرهن فى المثلث ١ م ب — بنفس البرهان السابق — أن الجزء ى م عبارة عن مقاومة الخطوة الثانية . وهكذا بنفس الطريقة يمكن ايجاد مقاومة جميع الأجزاء الباقية مثل و ى الى أن نصل الى مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج وهى المفروضة فى المسألة (٦,") مما يدل على أن ذراع الجهاز قد وصل الى نهاية المقاومات

مقاومة بدء حركة محرك التوالى

بند ١١٦ — ان مقاومة لفات عضو التوليد فى هذا النوع يجب أن تكون بسيطة جداً لأنها متصلة بالتوالى مع الفرش وأسلاك الاستنتاج والينبوع المستمد

منه التيار الكهربائى . فعددها قليل وعليه فالاستنتاجات الذاتية (أو النفسية) المتولدة نتيجة قطع دائرتها تكون بسيطة ولا يوجد أى خطر منها (بخلاف المحرك التوازى)

كذلك معروف أن هذا النوع لا يستعمل الا فى القاطرات الكهربائية حيث العامل المنوط بحركته يتمرن أولا بحيث يكون متنبهاً لفتح الجهاز اذا ما انقطع الضغط المغذى فجأة (كما نلاحظ ذلك فى القاطرات الكهربائية فى المدن الكبرى مثل القاهرة)

لذلك يوصل هذا الجهاز بالتوالى مباشرة مع لفات التوليد والفرش والاستنتاج كما فى شكل ١٥٣

وكيفية تقدير مقاومة كل خطوة من خطوات هذا الجهاز وعددها هو تماماً كالتقدير السابق (بند ١١٥)

الفصل الخامس

تنظيم سرعة المحرك

بند ١١٧ — بما أن سرعة أى محرك $\text{ء} = \frac{\text{ض} - \text{سہ م}}{\text{ت}} \times \text{ك}_{1}$

(بند ١٠١) بفرض أن ض، سہ م، ت الضغط على الفرش ومفقود الضغط فى الفرش والاستنتاج والتدفق المغناطيسى فى كل قطب

اذاً يمكننا تنظيم سرعة المحرك باحدى طريقتين

الأولى — بتغيير التدفق المغناطيسى ت مع جعل الضغط على الفرش ثابتاً بواسطة مقاومة متغيرة توضع بالتوالى مع لفات عضو التوليد اذا كان المحرك توازى كالمقاومة م_{2} المبينة بشكل ١٤١ فكلما زدنا المقاومة كلما قل التيار

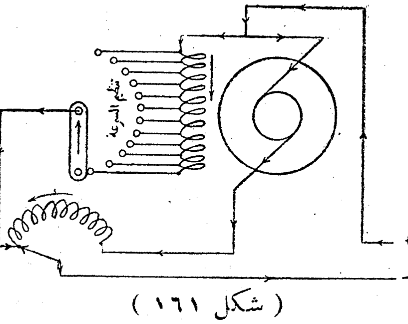
الكهربائى فى لفات عضو التوليد فيقل التدفق المغناطيسى ت فترتفع السرعة كما هو واضح من المعادلة السابقة . وتوضع بالتوازى مع لفات التوليد اذا كان من نوع التوالى وفى هذه الحالة يتناسب التيار فى اللفات تناسباً طردياً مع هذه المقاومة كما هو واضح من ١٦٠ شكل

الثانية — بتغيير الضغط على الفرش بواسطة مقاومة متغيرة توضع بالتوالى مع الفرش كالمقاومة م ١ المبينة فى شكل ١٤١ فكلما زدنا المقاومة كلما قل الضغط على طرفى الفرش . وبما أن زيادة أو نقص التيار الكهربائى لا يؤثر كثيراً على مفقود الضغط س م فى الفرش وأسلاك الاستنتاج لأن مقاومة هذين

(شكل ١٦٠)

الاخيرين ضعيفة جداً كما وضحنا ذلك . وعليه فزيادة ونقص الفلت يعقبه زيادة أو نقص المعادلة المبينة بنفس النسبة وبالتالى زيادة أو نقص السرعة ى

وهناك طريقة أخرى لتغيير التدفق المغناطيسى وهى تغيير عدد لفات عضو التوليد بدلا من طريقة تغيير شدة التيار فيها المبينة فى الطريقة الاولى .والشكل ١٦١ يبين ذلك . ولكن هذه الطريقة قليلة الاستعمال والطريقة الأولى هى الاكثر استعمالا فى دوائر المحركات الكهربائية . والسبب فى ذلك راجع



(شكل ١٦١)

الى أن مفقود الضغط س م . اذا كان الحمل كبيراً جداً . لا يمكن اهمال تأثيره وعلى ذلك فزيادة أو نقص ص سيعقبه زيادة أو نقص س م . فالنتيجة ص — س م (اذا كان الحمل كبيراً كما قلنا) ستتأثر تأثيراً بسيطاً و بالتالى يتأثر تنظيم السرعة ى بنفس النسبة

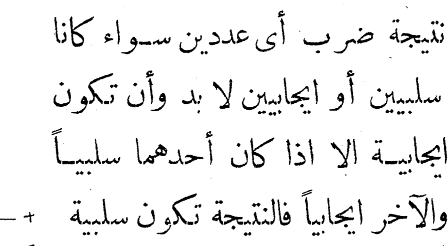
اذاً الطريقة الثانية قليلة الاستعمال بالنسبة للاولى

عكس حركة المحرك

بند **١١٨** — برهنا أن عزم الدوران فى المحركات يتناسب مع التدفق المغناطيسى ت × شدة التيار فى لفات الاستنتاج س (بند ٩٧)

ولعكس حركة محرك يجب أن نعكس اتجاه العزم المحرك له أى عزم الدوران . ولعكس هذا الأخير يجب أن نعكس اما اتجاه خطوط التدفق المغناطيسى ت أو اتجاه التيار الكهربائى فى لفات عضو الاستنتاج س

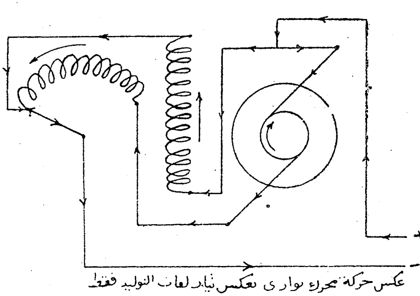
أما اذا عكسنا الاثنين (ت ، س) فهذا لا يؤثر على حاصل ضربها لأن نتيجة ضرب أى عددين سواء كانا سلبيين أو ايجابيين لا بد وأن تكون ايجابية الا اذا كان أحدهما سلبياً والآخر ايجابياً فالنتيجة تكون سلبية



محرك توازى مبين فيه اتجاه حركته فرضاً

(شكل ١٦٢)

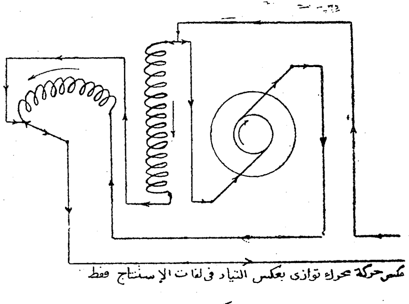
وبما أن العزم يتناسب مع حاصل ضربهما (أى ت × س كما قلنا) . اذاً لا يمكن أن ينعكس اتجاه العزم الا اذا عكسنا أحدهما وليس كليهما



عكس حركة محرك توازى بعكس تيار لفات التوليد فقط

(شكل ١٦٣)

والأشكال المرسومة (١٦٢ — ١٦٤) تبين كيفية عكس الحركة لمحرك توازى مبين فيه اتجاه حركته فرضاً (شكل ١٦٢) . أولا بعكس تيار لفات التوليد (شكل ١٦٣). ثانياً بعكس تيار لفات الاستنتاج (شكل ١٦٤)

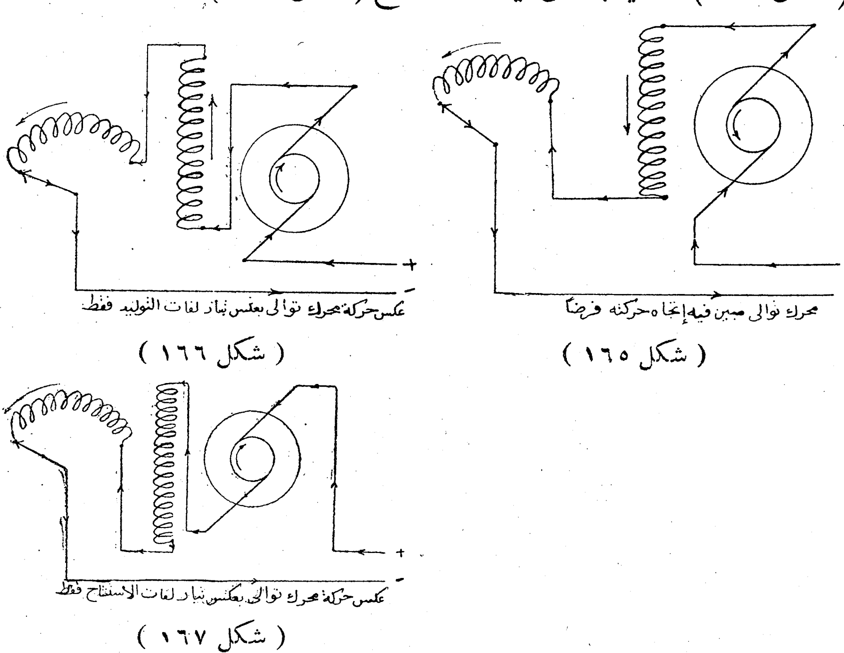


عكس حركة محرك توازى بعكس التيار فى لفات الاستنتاج فقط

(شكل ١٦٤)

والاشكال المرسومة (١٦٥ — ١٦٧) تبين كيفية عكس حركة محرك

توالى مبين فيـه اتجاه حركته فرضاً (شكل ١٦٥) . أولا بعكس تيار التوليد (شكل ١٦٦) . ثانياً بعكس تيار الاستنتاج (شكل ١٦٧)



(شكل ١٦٦) (شكل ١٦٥)

(شكل ١٦٧)

تمرينات على الباب السابع

(١) محرك ٥ حصان فرملى الضغط على الفرش ٢٣٠ فلت ويأخذ ١٩ أمبير على أقصى حمل (وهو ٥ حصان) . فاذا كانت شدة التيار المسموح بها فى بدء الحركة ٣٠ امبير . فالمطلوب تقدير (ا) عدد خطوات مقاومات بدء الحركة (ب) قيمة كل مقاومة فى كل خطوة . مع العلم أن مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش = ٣٤ر" . استعمل الطريقة الهندسة لاثبات صحة الحل

(٢) محرك ٢٠ حصان فرملى الضغط على الفرش ٤٦٠ فلت والمحرك من نوع التوازى . فاذا كانت شدة التيار اللازمة له على أقصى حمل = ٥٣ أمبير فالمطلوب تقدير (ا) عدد خطوات مقاومات بدء الحركه اللازمة لهـذا المحرك (ب) قيمة مقاومة كل خطوة . مع العلم أن مقاومة الفرش ولفات الاستنتاج = ٣ر"

(٣) ماهو الخطر الذى يحدث بتوصيل طرفى محرك بطرفى الينبوع الكهربائى اللازم لادارته مباشرة ؟ وكيف تتلافى هذا الخطر

(٤) اشرح مع الرسم جهاز مقاومات بدء حركة محرك توازى بقواطع اتوماتيكية مع توضيح الأسباب الداعية لوجود هذه القواطع وكذلك اشرح تصميم هذا الجهاز اذا استعمل لمحرك توالى

(٥) محرك يدور فى اتجاه معلوم والمطلوب شرح . مع الرسم .التغيرات اللازم عملها لادارته بعكس هذا الاتجاه المعلوم (ا) اذا كان محرك توازى (ب) اذا كان محرك توالى. كيف تعلل هذه التغييرات من الوجهة النظرية

(٦) دينامو يدور فى اتجاه معلوم ويراد ادارته كمحرك فى نفس الاتجاه فكيف توصل الينبوع الكهربائى اللازم لذلك بالمحرك

الباب الثامن

الطرق العملية فى معرفة جودة المحركات والدينامو ات

الفصل الأول

جودة المحرك

بند ١١٩ — جودة المحرك الكهربائية $= \frac{\text{القدرة الكهربائية المحركة للمحرك}}{\text{القدرة الكهربائية المعطاة للمحرك}}$

$\times ١٠٠ = \frac{\text{الفلت الرجعى} \times \text{شدة تيار الاستنتاج}}{\text{الفلت على طرفى الفرش} \times \text{شدة التيار الكلية}} \times ١٠٠$

والجودة التجارية

$= \frac{\text{القدرة الكهربائية المنتجة للحركة — المفاقيد الحديدية والميكانيكية}}{\text{القدرة الكهربائية الكلية المعطاة للمحرك}} \times ١٠٠$

$= \frac{\text{الخرج الميكانيكى}}{\text{الدخل الكهربائى}} \times ١٠٠$

فلو فرضنا أن $ص_ر$ = القوة الدافعة الرجعية ، $س$ = شدة التيار الكلية أى المستمدة من الينبوع الكهربائى المغذى للمحرك ، $س_١$ = شدة التيار فى لفات الاستنتاج ، $ص$ = الضغط على طرفى الفرش ، و = المفاقيد الميكانيكية والحديدية . فالقدرة الكهربائية المنتجة للحركة أى المتحولة الى قدرة ميكانيكية = $ص_ر س_ر$ (بند ١٠٠) . والقدرة الكلية المعطاة للمحرك

$= ص س$

∴ جودة المحرك الكهربائية = $\frac{ص_م \times س_١}{ص \times س} \times ١٠٠$

الخرج الميكانيكى = $ص_م \times س_١ - و$

∴ الجودة التجارية = $\frac{ص_م \times س_١ - و}{ص \times س} \times ١٠٠$

فاذا كان المحرك توالى فالشدة الكلية $س$ = الشدة فى لفات الاستنتاج $س_١$ وعليه تكون الجودة الكهربائية = $\frac{ص_م}{ص} \times ١٠٠$

مثال ذلك — محرك توالى يولد فلتاً رجعياً مقداره ٩٤ فولت فاذا كانت شدة التيار = ١٠٠ أمبير والضغط على طرفيه = ١٠٠ فلت واذا كانت القدرة المفقودة فى الاحتكاك ومقاومة الهواء وكذلك القدرة المفقودة فى الحديد (التيارات الاعصارية والقصور المغناطيسى) هى $\frac{١}{٢}$ حصان فما هى القدرة النافعة وما هى الجودة الكهربائية والتجارية

الحل — القدرة المعطاة للمحرك = ١٠٠ فلت × ١٠٠ أمبير = ١٠٠٠٠ وات

المفقود فى الاحتكاك والحديد والهواء = $\frac{١}{٢}$ حصان = $\frac{١}{٢}$ × ٧٤٦ = ٣٧٣ وات

القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية = ٩٤ فولت × ١٠٠ أمبير = ٩٤٠٠ وات

القدرة النافعة = ٩٤٠٠ − ٣٧٣ = ٩٠٢٧ وات = $\frac{٩٠٢٧}{٧٤٦}$

= ١٢و١ حصان

الجودة الكهربائية = $\frac{٩٤٠٠}{١٠٠٠٠} \times ١٠٠$ = ٩٤٪

والجودة التجارية $= \frac{٩٠٢٧}{١٠٠٠٠} \times ١٠٠ = ٩٠,٢٧\%$

مثال آخر — محرك توازى الضغط المغذى له = ١٠٠ فولت ومقاومة لفات التوازى ١٠٠ أوهم ومقاومة الفرش والاستنتاج = ٠,٠٥ وأهم فاذا كانت شدة التيار الكلية = ٣٠ أمبير فما هى الجودة الكهربائية للمحرك وما هى الجودة التجارية اذا كان مفقود الحديد وكذلك المفقود الميكانيكى يساوى ١٠٠ وات

دخل المحرك = ١٠٠ × ٣٠ = ٣٠٠٠ وات

مفقود النحاس فى لفات التوازى $= \frac{١٠٠^{٢}}{١٠٠ \text{ اوهم}} = ١٠٠$ وات

شدة التيار فى عضو الاستنتاج $= ٣٠ \text{ أمبير} - \frac{١٠٠ \text{ فلتاً}}{١٠٠ \text{ اوهم}} = ٢٩$ أمبير

مفقود النحاس فى الفرش وأسلاك الاستنتاج $= ٢٩^{٢} \times ٠,٠٥$

= ٤٢,٠٥ وات

∴ مفقود النحاس الكلى = ١٠٠ + ٤٢,٠٥ = ١٤٢,٠٥ وات

∴ القدرة الكهربائية المتحولة الى قدرة ميكانيكية = ٣٠٠٠ — ١٤٢,٠٥

= ٢٨٥٧,٩٥ وات

∴ الجودة الكهربائية $= \frac{٢٨٥٧,٩٥}{٣٠٠٠} \times ١٠٠ = ٩٥\%$

والجودة التجارية $= \frac{٢٨٥٧,٩٥ - ١٠٠}{٣٠٠٠} \times ١٠٠ = ٩٢\%$

الفصل الثانى

ايجاد الجودة فى المحركات عملياً

بند **١٢٠** — من السهل ايجاد الجودة الكهربائية للمحرك على أى حمل من الاحمال والشكل **١٥٠** لمحرك توازى محمل بدينامو يخرج تياراً لدائرة مصابيح يصلح لايجاد جودة هذا المحرك الكهربائية

فبواسطة الفلتمتر الموصل على طرفيه نقرأ الضغط **صه** المستمد من الينبوع . و بواسطة الأمبيرومتر الموصل فى دائرة الفرش نقرأ شدة التيار $س_١$ فى لفات الاستنتاج

و بما أن الضغط الرجعى $صه_ر = صه - س_١ م$ (بند ٩٩) بفرض أن م = مقاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج . وهذه الأخيرة يمكن ايجادها بواسطة فلتمتر لا تتعدى قراءته اثنين أو ثلاثة فلت ، مقاومة معلومة و بطارية كهربائية

كذلك شدة التيار الكهربائى الكلية **س** يمكن قراءتها بواسطة أمبيرومتر موصل بالتوالى مع الينبوع الكهربائى ودائرة المحرك

$$\text{فالجودة الكهربائية على الحمل المحمل به المحرك} = \frac{صه_ر \times س_١}{صه \times س} \times ١٠٠$$

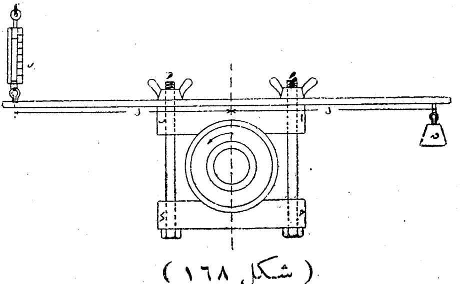
ملحوظة — يمكننا ايجاد مقاومة لفات عضو التوليد $م_١$ مثلا والاستغناء عن الامبيرومتر الموصل فى دائرة الفرش

فالشدة $س_١$ = الشدة الكلية **س** — الشدة المنصرفة فى لفات التوازى

$$= س - \frac{صه}{م_١}$$

ايجاد الجودة التجارية لمحرك بواسطة فرملة برونى

بند **١٢١** — فرملة برونى تتركب كما فى الشكل (١٦٨) من قطعتين من الخشب ا ب ، حـ ء يوضع بينهما طنبور المحرك وهاتان القطعتان منضمتان على الطنبور بالمسمارين هـ ، هـ، فيمكن بواسطتهما تقريط الفرملة على الطنبور أو تخفيفها لزيادة أو نقص الحمل الفرملى على المحرك . ومثبت فى قطعة الخشب العليا ا ب رافعة من الصلب معلق فى أحد طرفيها حامل أثقال . وفى الطرف الآخر مثبت ميزان زمبركى من طرفه الاسفل ومعلق من طرفه الاعلى على حامل



(شكل ١٦٨)

وكيفية العمل هو أن نضبط أولا الاثقال (ن) حتى تأخذ الرافعة وضعاً أفقياً . وبعد ذلك ندير المحرك (وذلك بتوصيله للينبوع الكهربائى) فى الاتجاه الذى يحدث شداً على الزمبلك . ثم نربط صامولتى المسمارين هـ ، هـ، لتحميل المحرك بالحمل الفرملى المطلوب ايجاد جودته عليه . وبواسطة وضع أثقال أو رفع الطرف الأعلى للميزان الزمبركى نثبت الرافعة فى الوضع الأفقى

فلو فرضنا أن ء = عدد لفات الطنبور فى الدقيقة (ويمكن قراءتها بواسطة عدّاد السرعة) ، س٢ = مقدار الشد بالرطل ضد حركة دوران الطنبور = قراءة الميزان + الاثقال ، ل = المسافة بالقدم التى بين المحور المار بمركز طنبور المحرك والمحور المار بمركز منتصف الميزان الزمبركى

فسرعة المحرك بالقدم فى الدقيقة = ٢ ط ل ء (باعتبار نصف قطر الدوران = ل قدم)

والقدرة الفرملية للمحرك على الحمل الفرملي الموجود بالأحصنة

$$= \frac{٢ ط ل ء س_٢}{٣٣٠٠٠} = ٠٠١٩٠٤, × ل × ء × س_٢$$

فاذا فرضنا أن صه فلت = الضغط على طرفى الفرش المحرك ، س أمبير = شدة التيار الكلية

$$\text{فدخل المحرك بالاحصنة} = \frac{صه × س}{٧٤٦}$$

$$\therefore \text{الجودة التجارية} = \frac{٠٠١٩٠٤, × ل × ء × س_٢ × ٧٤٦}{صه × س} × ١٠٠$$

الفصل الثالث

الطريقة المباشرة (طريقة Swinburn) فى ايجاد جودة دينامو

بند ١٢٢ — سميت هذه الطريقة فى ايجاد الجودة التجارية للدينامو بالطريقة المباشرة لاننا لا نحتاج فى تعيين دخل الدينامو الميكانيكى الى معرفة خرج الآلة الميكانيكية اللازم لتحريك الدينامو (وهو المساوى لدخل الدينامو) بالطرق الميكانيكية المعروفة . بل أننا نستعمل فى هذه التجربة الطرق الكهربائية المحضة . وبيان ذلك هو كالآتى :

(١) تعيين خرج الدينامو المراد معرفة جودته التجارية . وذلك بادارة الدينامو الى أن تصل سرعته للسرعة القانونية المرقومة عليه : ثم نحمله بالحمل المطلوب . وبواسطة فلتمتر وأمبيرومتر نقرأ الضغط صه على طرفى الحمل وشدة تيار الحمل سه

فالخرج = صه سه وات

(٢) ايجاد مقاومة لفات التوليد م" ، مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش م"،

فالشدة المنصرفة فى لفات التوليد (على فرض أن الدينامو من نوع التوازى)

$$= \frac{\text{صه}}{\text{م}}$$

والشدة الكلية أى الخارجة من الفرش الموجبة = سه + $\frac{\text{صه}}{\text{م}}$

والقدرة المنصرفة فى لفات التوازى = $\frac{\text{صه}^{٢}}{\text{م}}$

والقدرة المنصرفة فى الفرش واسلاك الاستنتاج

$$= \left(س + \frac{صه}{م} \right)^{٢} \times م_{١}$$

اذاً القدرة الـكلية المنصرفة فى النحاس

$$= \left(س + \frac{صه}{م} \right)^{٢} \times م_{ا} + \frac{صه^{٢}}{م}$$

ايجاد مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى

بند ١٢٣ — بما أن مفقود القصور المغناطيسى يتناسب مع التدفق المغناطيسى × السرعة (بند ٣٤)

، مفقود التيارات الاعصارية يتناسب مع التدفق المغناطيسى × مربع السرعة (بند ٤٨)

، المفقود الميكانيكى معروف أنه يتناسب مع السرعة

اذاً لو أدرنا الدينامو السابق كمحرك غير محمل فدخل هـذا المحرك (وهو المستمد من ينبوع كهربائى) عبارة عن مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى ومفقود النحاس فقط (لأن القدرة الفرملية أو المنتفع بها = صفراً حيث المحرك غير محمل) وبمـا أن مفقود القدرة فى الفرش وأسلاك الاستنتاج يمكن اهماله فى المحركات الغير محملة (بند ١٠١)

اذاً يمكن اعتبار دخل أى محرك غير محمل مفقوداً فى الحديد والمفقود الميكانيكى

فعلى هـذا الاعتبار اذا أدرنا الدينامو كمحرك كما قلنا بحيث أن سرعتـه والتدفق المغناطيسى المتشعع من أقطابه والقوة الدافعة المتولدة فيه (أى الرجعية) تساوى سرعته وتدفقه المغناطيسى وقوته الدافعة المتولدة فيـــه عند ما كان دائراً كدينامو

فدخل هذا المحرك بهذه الشروط = مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى له وهو دينامو

ولأجل تنفيذ هذه الشروط نتبع الطرق الآتية : —

أولا — نجعل الضغط على الفرش بواسطة المقاومة $م_١$ شكل (١٤١) = القوة الدافعة له وهو دينامو $صه_{ـ}$ مثلا . أى التى يقرأها الفلتمتر على طرفى الفرش ودائرة حمل الدينامو مفتوحة . وبما أن المحرك غير محمل فالضغط على الفرش = القوة الدافعة الرجعية $صه_ر$ (بند ١٠١)

اذاً $صه_{ـ}$ (فى الدينامو) = الضغط على الفرش وهو محرك غير محمل $صه_ر$

ثانياً — ننظم سرعة المحرك بواسطة المقاومة $م_٢$ (شكل ١٤١) حتى تساوى سرعته القانونية وهو دينامو

$$\text{وبما أن السرعة ى (لأى دينامو أو محرك)} = \frac{\text{القوة الدافعة}}{\text{التدفق المغناطيسى}} \times ك_{ـ}$$

(بند ١٠١)

اذا بتنفيذ الشرط الأول والثانى فالتدفق المغناطيسى يتساوى فى الحالتين

اذاً دخل المحرك = مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى وهو دينامو

فلو فرضنا $س_١$ = شدة التيار الداخلة فى المحرك بالشروط السابقة

فمفقود الحديد والمفقود الميكانيكى للدينامو = $صه_ر \times س_١$ وات

وباضافة هـذه المفاقيد على مفاقيد النحاس فى الدينامو ينتج لنـا أن جميع

$$\text{المفاقيد} = صه_ر \times س_١ + \left(س + \frac{صه}{م}\right)^٢ \times م_١ + \frac{صه^٢}{م} .$$

وبما أن خرج الدينامو الكهربائى المعمول عليه التجربة = صه س وات

اذاً دخل الدينامو الميكانيكى

$$= صه\,س + صه_ر \times س_١ + \left(س + \frac{صه}{م}\right)^٢ \times م_١ + \frac{صه^٢}{م}$$

والجودة التجارية

$$= \frac{\text{صه س}}{\text{ص س} + \text{صه}_{\text{ر}} \times \text{س}_{١} + \left(\text{س} + \frac{\text{ص}}{\text{م}}\right)^{٢} \times \text{م}_{١} + \frac{\text{ص}^{٢}}{\text{م}}} \times ١٠٠$$

مثال ذلك — عند عمل تجربة لايجاد جودة دينامو توازى بالطريقة المباشرة أخذت المقادير الآتية على أقصى حمل

أقصى حمل = **٢٠** أمبير ، الضغط على الفرش = **١٥٠** فلت ، مقاومة لفات الاستنتاج وهى ساخنة = **٠,١٨** أوهم ، مقاومة لفات التوازى = **٩٥** أوهم ، السرعة = **١٤٥٠**

مفقود الضغط فى عضو الاستنتاج = $\left(\frac{١٥٠}{٩٥} + ٢٠\right) ٠,١٨$

= **٢١,٥٩** × **٠,١٨** = **٣,٩** فلت

القوة الدافعة المتولدة فى الدينامو = **١٥٠** + **٣,٩** = **١٥٣,٩** فولت

شدة التيار الكهربائى اللازمة للدينامو لادارته كمحرك غير محمل ضغطه المغذى عبارة عن **١٥٣,٩** فلت = **٠,٧٥٤** أمبير

∴ مفقود الحديد والمفقود الميكانيكى = دخل المحرك وهو غير محمل

= **١٥٣,٩** × **٠,٧٥٤** = **<u>١١٦</u>** وات

مفقود النحاس فى عضو الاستنتاج = $(٢١,٥٩)^{٢} \times ٠,١٨$ = **٨٤,٨** وات

مفقود لفات التوازى = **١,٥٩** × **١٥٠** = **٢٣٨,٥** وات

$$\left(١,٥٩ = \frac{\text{١٥٠ فلت}}{\text{٩٥ أوهم}}\right)$$

∴ المفقود الكلى = **١١٦** + **٨٤,٨** + **٢٣٨,٥** = **<u>٤٣٩,٣</u>** وات

∴ القدرة البيانية للدينامو = (**١٥٠** × **٢٠**) + **<u>٤٣٩,٣</u>** = **٣٤٣٩,٣** وات

∴ الجودة التجارية = $\frac{١٥٠ \times ٢٠}{٣٤٣٩,٣} \times ١٠٠$ = **<u>٪٨٩</u>**

الفصل الرابع

طريقة (Hopkinson) فى ايجاد الجودة التجارية فى الدينامومات

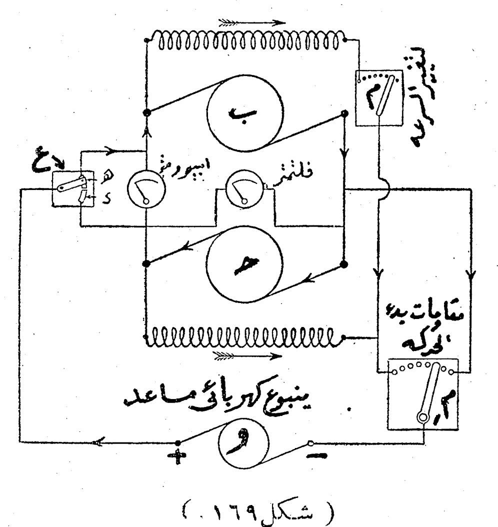
بند **١٢٤** — هذه التجربة لايجاد جودة دينامو هى أنسب الطرق المستعملة فى دينامومات خرجها لا يقل عن ٢٠ كيلووات . غير أنها تحتاج لدينامو ين متماثلين فى التصميم من جميع الوجوه

وطريقة العمل هى : —

أولا — تثبت طنبورى الدينامو ين ببعضهما ليدورا على محور واحد

ثانياً — نصلهما كهربائياً بالتوازى ببعضهما

ثالثاً — نصل المجموعة بينبوع كهربائى ليدورا كمحركين كما هو مبين (بشكل ١٦٩) وبواسطة المقاومة المنظمة م المتصلة بالتوالى مع لفات عضو توليد أحدهما ب مثلا (على فرض أن الآلتين من نوع



(شكل ١٦٩)

التوازى) نضعف مغناطيسية هذا الاخير فترتفع سرعته وبالتالى ترتفع سرعة المحرك الثانى حـ مثلا . فتزيد القوة الدافعة الرجعية لهذا الأخير عن الضغط المستمد من الينبوع الكهربائى فيعطى تياراً كهربائياً للمحرك ب . أى يدور كدينامو ولو فرضنا أن الآلتين خاليتان من المفاقيد كلية لأمكن أن يستمد المحرك ب طاقته الكهربائية من الدينامو حـ وأن يستمد الدينامو حـ طاقته الميكانيكية من المحرك ب . وفى هذه الحالة تكون القدرة الكهربائية المستمدة من الينبوع

الكهربائى المساعد تساوى صفراً

ولكن ذلك غير ممكن بالمرة لأنه لا بد من وجود مفاقيد فى كلتا الآلتين .
والقدرة الكهربائية الخارجة من الينبوع تساوى هذه المفاقيد . فلو فرضنا أن
صه فلت = الضغط الكهربائى على طرفى الآلتين وهو ما يقرأه الفلتمتر المبين
بالشكل ، س أمبير = شدة التيار الكهربائى الخارج من الدينامو حـ وهى ما
يقرأها الأمبيرومتر المبين عند مايلامس ذراع الجهاز ع القوس النحاسى هـ
الموصل لطرف المحرك . ، س$_1$ أمبير = شدة التيار الكلية (أى المستمدة
من الينبوع الكهربائى . و . ومن الدينامو حـ لادارة المحرك ب) وهى ما يقرأها
الامبيرومتر عند ما يلامس ذراع الجهاز ع للقوس النحاسى ى

فدخل المحرك = س$_1$ صه وات

ودخل الدينامو = خرج المحرك الميكانيكى = س$_1$ صه × جودة المحرك

ولكن خرج الدينامو = دخله × جودته

= (س$_1$ صه × جودة المحرك) × جودة الدينامو = س صه

اذاً جودة المحرك × جودة الدينامو = $\frac{\text{س}}{\text{س}_1}$ = $\frac{\text{شدة التيار الخارجة من الدينامو حـ}}{\text{شدة التيار الداخلة فى المحرك}}$

وبما أنه مفروض أن الآلتين متماثلتان أى أنهما متساويان فى الجودة

اذاً جودة كل منهما = $\sqrt{\frac{\text{س}}{\text{س}_1}}$

ومن مميزات هذه الطريقة أنه يمكن اجراؤها بدون اسراف . لأن القدرة
المستمدة من الينبوع = مفاقيد الآلتين فقط وعلى ذلك تكون بسيطة مهما
كان الحمل المحمل به الآلتين

ولكن من نقائصها أن اضعاف مغناطيسية أقطاب أحد الآلتين (وهو
ما لابد منه كما شرحنا سابقاً) يضعف من مفاقيده الحديدية عن الآخر

الفصل الخامس

ايجاد مفقود الحديد والمفقود الميكانيكي في دينامو وتحليلهما

بند ١٢٥ — التجارب الآتية يمكن بها معرفة وفصل مفاقيد الديناموات

(١) عشق الدينامو المراد معرفة مفاقيد الحديد والمفقود الميكانيكي فيه بمحرك . ثم أدر الدينامو بواسطة محرك بحيث أن سرعته = السرعة المراد معرفة المفاقيد عليها شكل (١٥٠)

(٢) أوجد دخل المحرك (ا) عند ما تكون دائرة عضو توليد الدينامو مفتوحة . وليكن صه سه (ب) عند ما تكون دائرة عضو توليد الدينامو مقفولة ولتكن صه سهٖ

(٣) افصل الدينامو عن المحرك ثم وصل الاخير بالينبوع الكهربائي بنفس السرعة وبنفس الضغط وليكن الدخل = صه سهً

ملحوظة : يجب أن تنظم السرعة في جميع الحالات بحيث تكون ثابتة ومساوية للسرعة المطلوبة . فدخل المحرك صه سه = مفاقيد المحرك + مفاقيد الدينامو . وبما أن دائرة عضو التوليد مفتوحة

∴ مفاقيد الدينامو = المفقود الميكانيكي فقط

، صه سهً = مفاقيد المحرك فقط

∴ صه سه — صه سهً = المفقود الميكانيكي للدينامو

، صه سهَ = مفاقيد المحرك + مفاقيد الدينامو . وبما أن دائرة عضو التوليد مقفولة

∴ مفاقيد الدينامو في هذه الحالة = المفقود الميكانيكي ومفقود الحديد

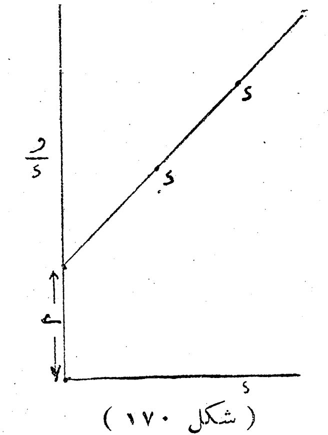
∴ صه سهَ — صه سهً = المفقود الميكانيكي ومفقود الحديد

∴ (صه سَ – صه سً) – (صه س – صه سً) = مفاقيد الحديد = مفقود القصور المغناطيسى + مفقود التيارات الاعصارية = «و» مثلا ولكن الاول يتناسب مع السرعة × المغناطيسية . والثانى مع السرعة ^{2} × المغناطيسية . و بما أن المغناطيسية ثابتة فى الحالتين

∴ و = ى × ے + ى^2 × ے$_1$ بغرض ان ے ، ے$_1$ أعداد ثابتة ، ى = السرعة . أى أن $\frac{\text{و}}{\text{ى}}$ = ے + ى ے$_1$

ولفصل المفقودين نرسم منحنياً بين $\frac{\text{و}}{\text{ى}}$ ، ى . ويكفى أخذ نتيجتين للسرعة ومايقابلها من المفقودين و . فاذا مددنا المنحنى على استقامته (شكل ١٧٠) فتقاطعه مع السينات الرأسى يعين لنا ے أى مفقود القصور المغناطيسى على سرعة دورة واحدة فى الثانية

∴ المفقود على ى دورات فى الثانية = ى ے
و بذلك يمكن فصل المفقودين عن بعضهما



(شكل ١٧٠)

امثلة محلولة على الباب الثامن

(١) عند عمل تجربة Hopkinson على دينامو ين متماثلين لمعرفة جودة كل منهما لاحظنا أن التيار الكهربائى الداخل فى المحرك = ٢٥ أمبير والتيار الكهربائى الخارج من الدينامو = ١٦ أمبير فما هى جودة كل منهما

الحل : —

جودة كل منهما = $\sqrt{\frac{\text{التيار الكهربائى الخارج من الدينامو}}{\text{التيار الكهربائى الداخل فى المحرك}}}$ = $\sqrt{\frac{١٦}{٢٥}}$ = ٨٠٪

(٢) فى المسألة السابقة أوجد المفاقيد الكلية فى كل من الآلتين اذا كان الضغط الكهربائى على طرفيهما = ١٠٠ فلت

الحل :—

المفاقيد الكلية فى الآلتين = القدرة المستمدة من الينبوع الكهربائى المساعد الموصل لطرفيهما

وشدة التيار الكهربائى المستمد من الينبوع = شدة التيار الداخلة فى المحرك — شدة التيار الخارجة من الدينامو = ٢٥ — ١٦ = ٩ أمبير

اذاً المفاقيد فى الاثنين = ١٠٠ فلت × ٩ أمبير = ٩٠٠ وات . وفى كل

منهما = $\frac{٩٠٠}{٢}$ = ٤٥٠ وات

(٣) عند عمل تجربة على دينامو مركب قصير لايجاد جودته بطريقة (swinburn) لوحظت المقادير الآتية :—

السرعة القانونية للدينامو = ١٤٥٠ دورة فى الدقيقة

مقاومة لفات الاستنتاج = ١٨ر"

« لفات التوالى = ٠٧ر"

« « التوازى = ٩٥"

شدة التيار الكهربائى على أقصى حمل = ٢٠ أمبير (وهى المرقومة على الدينامو)

والضغط على طرفى الحمل = ١٥٠ فلت (وهو المرقوم « «)

وقد قدرت مفاقيد النحاس من هذه المقادير كالآتى : —

بما أن الدينامو مركب قصير فشدة التيار فى لفات التوالى = شدة تيار الحمل = ٢٠ أمبير

اذاً مفقود القدرة فى لفات التوالى = $٢٠^٢$ × ٠٧ر" = ٢٨ وات

والضغط المنصرف فى لفات التوالى = ٢٠ × ٠٧ر" = ١,٤ فلت

اذاً الضغط على طرفى الفرش = ١٥٠ + ١,٤ = ١٥١,٤ فلت

وشدة التيار فى لفات التوازى = $\frac{١٥١,٤}{٩٥''}$ = ١,٥٩ أمبير

اذاً شدة التيار فى لفات الاستنتاج = ٢٠ + ١,٥٩ = ٢١,٥٩ أمبير

والضغط المنصرف فى الفرش وأسلاك الاستنتاج = ٢١,٥٩ × ١٨,"

= ٣,٩ فلت

اذاً مفقود القدرة فى لفات الاستنتاج بما فيها الفرش = ٢١,٥٩^{٢} × ١٨,"

= ٤٨,٨ وات

ومفقود القدرة فى لفات التوازى = ١,٥٩ × ١٥١,٤ = ٢٤٢ وات

والقوة الدافعة المتولدة فى الدينامو = ١٥١,٤ + ٣,٩ = ١٥٥,٣ فلت

ايجاد باقى المفاقيد

أدرنا الدينامو كمحرك بحيث أن الضغط على الفرش المستمد من الينبوع = القوة الدافعة له وهو دينامو = ١٥٥,٣ فلت. ثم نظمنا السرعة الى ١٤٥٠ دورة فى الدقيقة

فوجدنا أن شدة التيار الكهربائى الداخلة فى المحرك = ٨, أمبير

اذاً مفاقيد الدينامو الميكانيكية والحديدية = ١٥٥,٣ × ٨,= ١٢٤,٢ وات

وبما أن مفاقيد النحاس = ٢٤٢ وات + ٤٨,٨ وات + ٢٨ وات

= ٣١٨,٨ وات

اذاً جميع المفاقيد = ١٢٤,٢ وات + ٣١٨,٨ وات = ٤٤٣ وات

وبما أن خرج الدينامو = ٢٠ أمبير × ١٥٠ فلت = ٣٠٠٠ وات

اذاً دخل الدينامو الميكانيكى = ٣٠٠٠ + ٤٤٣ = ٣٤٤٣ وات

ودخله الكهربائى = ٣٠٠٠ + ٣١٨,٨ = ٣٣١٨,٨ وات

اذاً الجودة التجارية = $\frac{٣٠٠٠}{٣٤٤٣}$ × ١٠٠ = ٨٧٪

والجودة الكهربائية = $\frac{٣٠٠٠}{٣٣١٨,٨}$ × ١٠٠ = ٩٠٪

(٤) اذا كان طول أحد ذراعى فرملة برونى محسوباً بين مركز طنبور المحرك. ومركز الاثقال = ٦٠ سنتمتر وكان مقدار المقاومة ضد حركة طنبور المحرك = ١٠٠٠ جرام (وهو مجموع قراءة الميزان الزنبركى + الأثقال) وكان الضغط الكهربائى على طرفى المحرك = ١٠٠ فلت و شدة التيار على هـذا الحمل الفرملى = ١٥ أمبير. فما هى جودة المحرك التجارية اذا كان عدد الدورات ٢٠٠٠ فى الدقيقة

الحل :

خرج المحرك الفرملى = ٢ ط × (٢٠٠٠ / ٦٠) دورة × (٦٠ سنتمتر / ١٠٠)

× (١٠٠٠ جرام / ١٠٠٠) = ١٢٥,٧ كيلو جرام متر فى الثانية = (١٢٥,٧ / ٧٦) = ١,٧

حصان تقريباً

و دخل المحرك = (١٠٠ فلت × ١٥ أمبير / ٧٤٦) = ٢ حصان تقريباً

اذاً الجودة = (١,٧ / ٢) × ١٠٠ = ٨٥٪

تمرينات على الباب الثامن

(١) دينامو مركب قصير يعطى ١٥٠٠ كيلووات على ضغط ٦٠٠ فات. فاذا كانت مقاومة لفات استنتاجه ٠,٠٤٢" ومقاومة لفات التوالى ٠,٠٠٧٦" والضغط المنصرف فى الفرش ٢,٥ فلت. فما هى الجودة الكهربائية

(٢) فى المسألة نمرة ٣ المحلولة سابقاً أوجد الجودة التجارية والكهربائية للدينامو اذا كان محملا بمقدار ½ الحمل

(٣) دينامووان متماثلان أجريت عليهما تجربة (Hopkinson) بضغط

٢٤٠ فلت . فاذا كان التيار الكهربائى الدائر بينهما = ١٠٠ أمبير والتيار المستمد من الينبوع المساعد = ٣٢,١ أمبير فما هى جودة كل منهما التجارية

(٤) دينامو من نوع التوازى يعطى ٣٠٠ كيلووات على ضغط ٥٠٠ فلت فاذا كانت مقاومة لفات الاستنتاج ٠,١٣٦" ومقاومة لفات التوازى ٢٥٠" والضغط المنصرف فى الفرش ٢ فلت . وكان التيار الكهربائى الداخل فى هذا الدينامو — عند ادارته كمحرك غير محمل بسرعته القانونية بحيث أن الضغط على طرفيه يساوى القوة الدافعة المتولدة فيه وهو دينامو — هو ٢٧,٨ أمبير. فما هى جودته التجارية وكذلك الكهربائية

(٥) اشرح تجربة يمكنك بواسطتها فصل مفاقيد الدينامو عن بعضها

(٦) محرك يراد استعماله فى قطار وزنه ١٠٠٠٠ كيلو جرام على مستوى أفقى بسرعة ٥٠ كيلو متر فى الساعة . فاذا كانت القوة اللازمة لجر القطار هى ٧ كيلو جرام لكل ١٠٠٠ كيلوجرام من الوزن الميت للقطار فما هو التيار الكهربائى اللازم اذا كان الضغط على طرفى المحرك = ٥٠٠ فلت وجودة المحرك والتعشيقات = ٧٠٪

(٧) دينامو توالى يولد ١٠٤ أمبير على ضغط ٢٢٠ فلت وسرعته ٩٦١ دورة فى الدقيقة . فاذا كانت مقاومة لفات الاستنتاج بما فيها الفرش = ٠,١١٥" فالمطلوب ايجاد : —

(ا) سرعة هذه الآلة اذا استعملت كمحرك يصرف فيه ١٠٤ أمبير على ضغط ٢٢٠ فلت

(ب) الجودة الكهربائية لهذه الآلة كدينامو وكمحرك

(ح) الضغط الكهربائى اللازم للآلة لادارتها كمحرك بسرعة ٩٦٠ لفة فى الدقيقة بحيث أنها تأخذ ١٠٤ أمبير

الباب التاسع

توصـــيل الدينامو ات

الفصل الأول

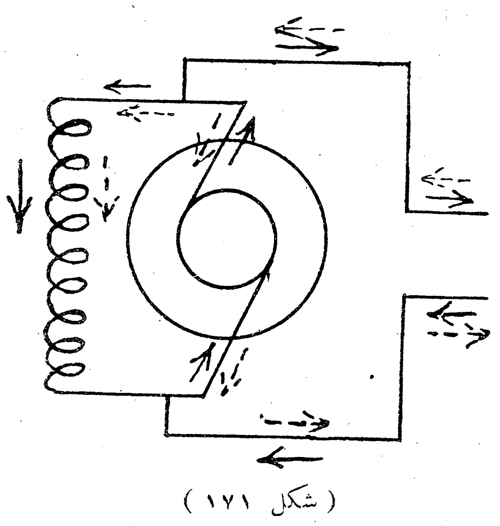
عكس التيار فى الدينامو

بند ١٣٦ — اذا وصلنا دينامو بالتوازى مع آخر أو استعمل الدينامو لشحن بطارية ثانوية وهو محمل على دوائر أخرى (الباب الحادى عشر) . فمن المحتمل أن يقل الفلت المتولد فى الدينـامو نسبياً عن الفلت المتولد فى الدينامو الآخر المتصل بالتوازى معه أو البطارية الثانوية لهبوط سرعته لأى سبب ما . ومن الاحتمالات الجائزة فى مثـل هذه الحالة فيما يختص باشتراك هذا الدينامو مع الدينامو الآخر أو البطارية فى الحمل الملقى عليهما (بند ٧٥) أن ينعكس التيار الـكهربائى فيـه وذلك اذا زاد الضغط على طرفى الحمل عن الفلت المتولد فيه (راجع الاحتمالات الثلاثة فى بند ٧٥ الممكن حصولها فى ينبوعين كهربائيين متصلين بالتوازى ومختلفين فى القوة الدافعة المتولدة فيهما) .

عكس التيار فى دينامو توازى

بند ١٢٧ — شكل ١٧١ يبين اتجاه التيـار الـكهربائى المتولد فى دينامو توازى . فلو فرضنا أن التيار الـكهربائى انعكس فانعكاسه يكون قاصراً على الفرش وأسلاك الاستنتاج . أما فى لفات عضو التوليد فاتجاه التيار الـكهربائى لا يتأثر (كما هو مبين بالأسهم المنقطعة) وبالتالى لا ينعكس اتجاه خطوط التدفق

المغناطيسى . وبما أن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع التدفق المغناطيسى والسرعة . وهذان العاملان لم يتغير اتجاه أحدهما عما كان قبل انعكاس التيار الكهربائى .



(شكل ١٧١)

فالنتيجة أن القوة الدافعة المتولدة لم يتأثر اتجاهها وعلى ذلك فالدينامو يدور كمحرك حيث تصبح القوة الدافعة المتولدة رجعية والعزم الرجعى عزم دوران (لأن أحد العاملين — وهو تيار الاستنتاج — المتوقف عليهما العزم (وهما تيار الاستنتاج والتدفق المغناطيسى) قد تغير اتجاهه) . —

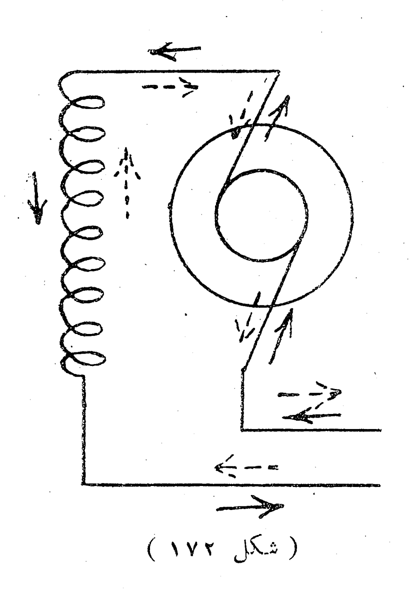
عكس التيار فى دينامو التوالى

بند **١٢٨** — أما اذا كان الدينامو توالى فعكس التيار الكهربائى يؤدى الى عكسه فى الفرش وأسلاك الاستنتاج وكذلك فى لفات عضو التوليد (شكل ١٧٢) فالقوة الدافعة المتولدة ينعكس اتجاهها وتصير فى اتجاه الضغط الكهربائى المسبب لذلك . فالتيار الكهربائى فى هذه الحالة

$$= \frac{\text{الضغط المسبب للعكس + القوة الدافعة المتولدة}}{\text{مقاومة الفرش ولفات الاستنتاج ولفات التوليد}}$$

وبما أن هذه المقاومات (الفرش والاستنتاج والتوليد) بسيطة جداً . فالتيار الكهربائى سيندفع بشدة كبيرة تكون خطرة على الدينامو فضلا عن خطورتها على الدينامو أو البطارية المسببة لهذا الانعكاس

ولتوضيح ذلك نفرض أن الدينامو يتصل ببطارية ثانوية أو دينامو آخر


(شكل ١٧٢)

(بالتوازى). وكان الضغط على الحمل المحملة به المجموعة ١٠٥ فلت وكانت القوة الدافعة للدينـــامو ٩٥ فلت ومقاومة لفات التوالى والفرش وأسلاك الاستنتاج ١ر٠

فالتيار الكهربائى المنعكس

$$= \frac{\text{١٠٥ فلت} + \text{٩٥ فلت}}{\text{١ر٠}}$$

= ٢٠٠٠ أمبير

عكس التيار فى دينامو مركب

بند ١٢٩ — اذا انعكس التيار الكهربائى فى الدينـامو المركب بنوعيه فالتيار الكهربائى ينعكس فى لفات عضو التوليد التوالى ولكنه لا ينعكس فى لفات التوازى كما هو الحال فى دينامو التوازى (بند ١٢٦). فالتدفق المغناطيسى الناتج عن لفات التوالى يعاكس التدفق الناتج عن لفات التوازى فتقل محصلة المغناطيسيتين ويزيد هبوط القوة الدافعة المتولدة فيـه وبالتالى يزيد التيار الكهربائى العكسى وهكذا الى أن تتلاشى مغناطيسية لفـات التوازى فيندفع التيار العكسى أمام مقاومة لفات التوالى ومقـاومة الفرش وأسلاك الاستنتاج فيتولد تدفق مغناطيسى فى الاقطاب عكس الاول وعليه تنعكس القوة الدافعة المتولدة وقد ذكرنا الخطر الذى يحصل من ذلك فى دينامو التوالى (بند ١٢٨)

اذاً لا يصلح مطلقاً دينامو التوالى أو المركب بنوعيه فى شحن البطاريات الثانوية (الباب الحادى عشر)

والنوع الوحيد الذى يصلح لذلك هو دينامو التوازى

الفصل الثاني

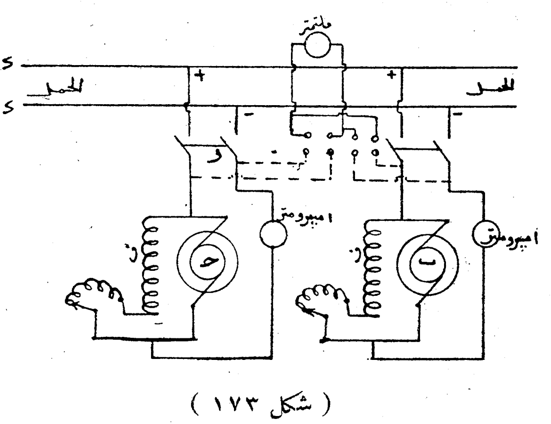
اشتراك الديناموات في الاحمال

بند ١٣٠ — يفضل دائماً أن تشترك في الاحمال ديناموات متعددة متصلة بالتوازى ببعضها عن أن يقوم بها دينامو واحد سعته بمقدار مجموع هذه الديناموات والسبب فى ذلك راجع الى أن جودة الدينامو تتناسب مع الحمل المحمل به أى أنها تبلغ أقصاها على أقصى حمل . فاذا كان أقصى حمل تقوم به محطة كهربائية هو ٢٠٠ أمبير مثلا فيفضل دائماً أن نصل دينامويين كل منهما يعطى ١٠٠ أمبير بالتوازى ببعضهما عن أن نأتى بدينامو واحد يعطى هذا القدر (٢٠٠ أمبير) لأنه اذا هبط الحمل الى ١٠٠ أمبير أو ما يقرب من ذلك أمكننا أن نحذف أحد الدينامويين الموصلين فيقوم الثانى بهذا الحمل (وهو أقصى ما يتحمله أو قريب منه) وعلى ذلك فالجودة تصبح أقصى ما يمكن

ديناموات من النوع التوازى

بند ١٣١ — لو فرض ان أحد الدينامويين المتصلين بالتوازى من هـذا النوع قلت سرعته لأى سبب من الاسباب فقد برهنا فى بند ١٢٦ أن ذلك لا يؤثر على القوة الدافعة المتولدة فيه من حيث الاتجاه وان العزم الرجعى يصبح عزم دوران . أى فى اتجاه الحركة . وهذا التأثير الأخير يساعد على ارتفاع سرعته الى ان يتساوى الفلت المتولد مع الدينامو الآخر فيشتركان فى الحمل بالتساوى . أى ان تنظم الفلت بينهما اوتوماتيكى وشكل (١٧٣) يبين كيفية توصيل دينامويين (أو أكثر) من هذا النوع بالتوازى ببعضهما . وعادة يستعمل فلتمتر واحد

لقراءة الضغط على طرفى كل من الدينامو ات على حدة وذلك باستعمال جهاز ذى أربعة شعب نحاسية لتوصيل الفلتمتر على طرفى أى دينـــامو من الدينـــاموات كما هو مبين بالشكل ١٧٣



(شكل ١٧٣)

ديناموات من نوع التوالى

بند **١٣٢** — ديناموات التوالى عند توصيلهـا بالتوازى مع بعضها يجب أن يوضع سلك يسمى سلك التعادل ذو سطح قطاع كبير حتى يكون خال من المقاومة . أحد طرفيه يوصل بين الفرشة وطرف لفات التوالى للدينامو الاول . والطرف الثانى يوصل بين الفرشة وطرف لفات التوالى للدينامو الثانى (شكل ١٧٤)

وبدون استعمال هذا السلك يكون الخطر عظيماً على الديناموات التى من هذا النوع . فقد برهنا فى بنـد ١٢٨ أنه اذا قلت سرعة أحدهما أثناء الشغل فالثانى ربما يعطى تيار (عكسياً) للاول لهبوط القوة الدافعة لهذا الأخير نتيجة هبوط سرعته . ويتسبب عن هذا الانعكاس فى

(شكل ١٧٤)

التيار عكس التدفق المغناطيسى حول لفات التوالى وقد وضحنا خطر ذلك فى بند ١٢٨

أما بعد توصيل سلك التعادل فالتيار المنعكس يسير من الفرشة الموجبة حـ مثلاً للدينامو ذى الضغط العالى الى الدينامو الآخر عن طريق سلك التعادل ويرجع للفرشة السالبة ء مثلا للدينـامو الاول عن طريق لفات الاستنتاج ولفات التوالى للدينامو الثانى فلا ينعكس التيار فى لفات التوالى لهذا الدينامو فالعزم الذى كان رجعياً فى الدينامو الثـانى يصبح عزم دوران (أى يدور كمحرك) فترتفع سرعته كما هو الحال فى دينامو ات التوازى

وتوصيلة هذا النوع بالتوازى غير مستعملة وانما ذكرناها لأن التأثير الحاصل بينها هو نفس ما يحصل فى الدينامو ات المركبة الموصلة بالتوازى

توصيل الدينامو ات المركبة بالتوازى

بند **١٣٣** — شكل **١٧٥** عبارة عن دينامو ين مركبين متصلين بالتوازى، وبما أن التأثير الذى يحدث من عكس التيار فى أحدهما هو نفس التأثير الحاصل من انعكاس التيار فى دينامو التوالى (بند **١٢٩**)

اذاً يجب توصيـل سلك تعادل بينهما بنفس الوضع الذى يوصل فيـه فى الدينامو ات التى من نوع التوالى كما هو مبين بالشكل

شكل (١٧٥)

الشروط التي يجب اتباعها عند وصل أو فصل دينامو عن دينامو ات أخرى محمّلة

بند **١٣٤** — يجب اتباع الشروط الآتيـة عند توصيل دينامو ليشترك فى الحمل مع دينامو ات أخرى أثناء تحميل هذه الأخيرة : —

(١) يجب ادارة الدينامو ح مثلا المراد توصيله الى أن يصل الى سرعته القانونية (شكل ١٧٣)

(٢) ينظم الفلت المتولد منه الى أن تتعدى قراءة الفلتمتر الموصل على طرفى الدينامو المحمل (ب) أى الضغط بين السلكين الرئيسيين ى

(٣) بعد ذلك يقفل مفتاح الدينامو (و) فيشترك هذا الدينـامو مع الدينامو ات الأخرى

(٤) اذا كانت الدينامو ات من النوع المركب يجب قفـل مفتاح سلك التعادل بعد استيفاء الشرطين الاول والثانى ثم يعاد تنظيم الفلت كالشرط الثانى

ولفصل أحد الدينامو ات عن السلكين الرئيسيين يجب : —

(١) تنقيص الفلت على طرفيه (بواسطة المقاومة المنظمة فى لفات عضو التوليد) الى أن يصير التيار الكهربائى المأخوذ منه صفراً ثم يفصل الدينامو عن السلكين الرئيسيين بواسطة المفتاح المعد لذلك

(٢) اذا كان الدينامو من النوع المركب لا يفتح مفتاح سلك التعادل الا بعد استيفاء الشرط السابق

مثال ذلك

(١) ينبوعان كهربائيان . ضغط طرفى أحدهما ﻫ ، ل = **١١٠** فلت والآخر ا ، ب = **١٠٠** فلت ومتصلان كما هو موضح بشكل ١٧٦ . فاذا كان الحمل المأخوذ من منتصف سلكى التوصيلة ح ، ى = **٢٠٠** أمبير فما هى شدة

التيار المستمدة من كل من الينبوعين بفرض أن مقاومة السلكين بين هـ ل ، ا ب = ٢ ر‴

الحل . —

نفرض أن س = شدة التيار المستمدة من الينبوع ١١٠ فلت ،

س١ = شده التيار من الينبوع ١٠٠ فلت

(شكل ١٧٦)

وبما أن الحمل مأخوذ من منتصف المسافة بين الينبوعين

اذاً المقاومة بين ا ب ، حـ ء = المقاومة بين هـ ل ، حـ ء

$$= \frac{٢ ر‴}{٢} = ١ ر‴$$

الضغط على طرفى حـ ، ء الناتج عن الينبوع ١٠٠ فلت = ١٠٠ — س١ × ١ ر‴ والناتج عن الينبوع ١١٠ فلت = ١١٠ — س × ١ ر‴

وهذان الضغطان يجب أن يكونا متساويين ليشترك الينبوعان فى الحمل بالشدة س ، الشدة س١

اذاً ١٠٠ — س١ × ١ ر‴ = ١١٠ — س × ١ ر‴

∴ ١٠ فلت = ١ ر (س — س١)

∴ س — س١ = ١٠٠

ولكن س + س١ = ٢٠٠

ومن هذين المعادلتين ينتج لنا أن س = ١٥٠ أمبير ، س١ = ٥٠ أمبير

نلاحظ أن ٣/٤ الحمل (أى ١٥٠ أمبير) ملقى على عاتق الينبوع ١١٠ فلت والثلث الباقى على عاتق الينبوع ١٠٠ فلت

تمرينات على الباب التاسع

(١) ما هو أنسب نوع من أنواع الدينامووات لشحن البطاريات الثانوية وما السبب فى عدم استعمال نوع التوالى فى هذا الغرض

(٢) ما هو سلك التعادل و فى أى الدوائر الكهربائية يستعمل وما السبب فى استعماله

(٣) ما هى الشروط التى يجب اتباعها عند فصل أو وصل دينامو مركب للدينامووات الأخرى المتصلة بالتوازى معه أثناء الشغل

(٤) الحمل المحمل به دينامووان متصلان بالتوازى ببعضهما هو ١٦٠ أمبير فاذا لوحظ أن الضغط على طرفى الدينامو الاول ٢٢٠ فلت وعلى طرفى الدينامو الثانى ٢١٨ فلت فالمطلوب ايجاد نصيب كل منهما فى توزيع الحمل (١٦٠ أمبير) مع العلم أن مقاومة الاسلاك بين طرفى الحمل و الدينامو الاول $\frac{1}{10}$ المقاومة بين طرفى الحمل والدينامو الثانى

الباب العاشر

التوزيع بثلاثة أسلاك

الفصل الأول

مراعاة الاقتصاد

بند ١٣٤ م — من المعلوم أن أول ما تتجه اليه أنظار المهندس عند تصميم محطة كهربائية هو الاقتصاد التام مع عدم الاخلال بالشغل . وبما أن مفقود القدرة فى الاسلاك يتوقف على شدة التيار المار فى السلك بغض النظر عن القوة الدافعة للمحطة الكهربائية لأن مفقود القدرة فى الأسلاك المار فيها ٢٠ أمبير مثلا يساوى أربعة أمثال مفقود القدرة فى نفس الأسلاك اذا كانت شدة التيار ١٠ أمبير (س٢ × م)

ولهذا السبب اخترعت التوصيلة بثلاثة أسلاك للتيار المستمر . فلو فرضنا أن ضغط الدينامو المبين فى شكل ١٧٧ = ١١٠ فلت ومتصل بأربعة

(شكل ١٧٧)

مصابيح الضغط اللازم لكل منها ١١٠ فلت . أى متصلة بالتوازى كما هو مبين . فاذا كانت شدة التيار اللازمة لكل مصباح ٢٥ر أمبير . فالتيار الكهربائى فى الأسلاك الموصلة للمصابيح = ٢٥ر × ٤ = ١ أمبير

ولكن اذا استعملنا دينامو ضغطه ضعف الأول أى ٢٢٠ فلت ووصلناه

مكان الدينامو فى شكل ١٧٧ . فالمصابيح يجب أن توصل كل اثنين منها بالتوالى كما فى شكل ١٧٨ . وعلى ذلك فالتيار الكهربائى فى الاسلاك الموصلة للمصباح = ½ أمبير أى نصف التيار فى الحالة الاولى وبالتالى يقل مفقود القدرة فى الحالة الثانية بمقدار الثلاثة أرباع عنه فى الحالة الأولى أى ٧٥ ٪ ولكن فى هذه التوصيلة (٢٢٠ فلت) نلاحظ

(شكل ١٧٨)

أن كل مصباحين مقيدان ببعضهما . لذلك اخترعت طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك فبواسطة هذه الطريقة يمكن توصيل كل مصباحين بالتوالى مع عدم تقييد اضاءة الواحد بالآخر كما فى شكل ١٧٩ وهو عبارة عن دينامويين القوة الدافعة لكل منهما تساوى الضغط اللازم للاحمال (١١٠ فلت مثلا) ومتصلان بالتوالى ببعضهما . فالضغط على طرفيهما يساوى ضعف الضغط اللازم للاحمال (٢٢٠ فلت مثلا) .

(شكل ١٧٩)

ومتفرع منهما ثلاثة أسلاك ح ، ء ، ع والحمل أو المصابيح موصلة كما فى الشكل

الفصل الثانى

تأثير اختلاف الاحمال على السلكين الخارجيين

بند **١٣٥** — نلاحظ فى هـذه التوصيلة أن تغيير الحمل بين السلك الأعلى (أى الموجب) حـ . والأوسط . ء لا يؤثر على الحمل بين السلك الأوسط ء والأسفل (أى السالب) ع . لأن فرق الحملين (أو فرق شدتى التيار اللازمة لـكل منهما) يمر عن طريق السلك الأوسط المسمى بسلك الحيادوللبرهنان على ذلك نفرض : —

أولا — أن الحملين متساويان والشكل ١٨٠ يبين ذلك وقد حزف منه سلك الحياد

فلو فرضنا فى هذه التوصيلة أن م = مقاومة المصباح الواحد ، م٫ المقاومة الداخليـة فى كل من الدينامو ين ، صہ = القوة الدافعـة المتولدة من كل منهما ، سہ = شدة التيار المارة فى مجموعتى المصابيح

(شكل ١٨٠)

فرق الجهد بين النقطتين ا ، ب الناتج عن الدينامو الاعلى = القوة الدافعة صہ — (مفقود الضغط داخل الدينامو + الضغط المنصرف فى المصابيح العليا)

= صہ — سہ ($\frac{م}{٢}$ + م٫) (لأن مقاومة المصباحين = $\frac{م}{٢}$)

واتجاه قوة الدفع الناتج عن فرق الجهـد السابق هو من ا الى ب أى من الطرف الموجب للدينامو للطرف السالب

وفرق الجهد الناتج عن الدينامو الاولى بين ب ، ا

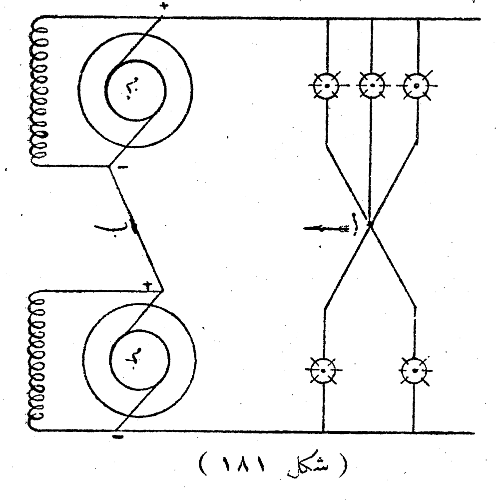
= صه — سه ($\frac{م}{٢}$ + $م_{ء}$) واتجاه قوة الدفع الناتج عن ذلك هو من ب الى ا

وبما أن فرق الجهد فى الحالة الأولى = الفرق فى الحالة الثانية

اذاً محصلة القوتين (الأولى والثانية) تساوى صفراً

فعلى ذلك اذا وصلنا سلك الحياد بين ا ، ب فالتيار الكهربائى فيه يساوى صفراً

ثانياً — أن الحملين مختلفان والشكل ١٨١ يبين الحمل الاعلى ثلاثة مصابيح والاسفل مصباحين . فاذا فرضنا أن $س_{١}$ = شدة التيار الكهربائى فى المجموعتين . ففرق الجهد بين النقطتين ا ، ب الناتجة عن الدينامو الاعلى = صه — $س_{١}$ ($\frac{م}{٣}$ + $م_{ء}$) . لأن مقاومة مجموعة الثلاثة مصابيح = $\frac{م}{٣}$



(شكل ١٨١)

واتجاه قوة الدفع الناتجة عن ذلك هو من ا الى ب

والناتج عن الدينامو الأدنى

= صه — $س_{١}$ ($\frac{م}{٢}$ + $م_{ء}$)

واتجاه قوة الدفع الناتجة عن ذلك هو من ب الى ا

ومحصلة هاتين القوتين

= صه — $س_{١}$ ($\frac{م}{٣}$ + $م_{ء}$) — صه + $س_{١}$ ($\frac{م}{٢}$ + $م_{ء}$)

= $\frac{س_{١} م}{٢}$ — $\frac{س_{١} م}{٣}$ = فرق الضغطين المنصرفين فى المجموعتين وبديهى

وأن اتجاه هذه المحصله هو كالمبين بالسهم فى الشكل ١٨١ أى من ا الى ب

فاذا وصلنا سلك الحياد يمر تيار كهربائى من ا الى ب ناتج عن الدينامو الاعلى = فرق الحملين

وبالعكس يمر تيار من ب الى ا ناتج عن الدينامو الادنى اذا زاد الحمل الادنى عن الاعلى كما فى شكل ١٨٢

مثال ذلك .

ديناموان موصلان بالتوالى ببعضهما ومحملان بطريقة الثلاثة أسلاك بحملين . الحمل الأعلى مكون من أربعة مصابيح . الضغط اللازم لكل منها ١٠٠ فلت

(شكل ١٨٢)

ومقاومة كل مصباح ٢٥٠ أوم . والحمل الادنى مكون من مصباحين من نفس النوع الاول . —

فاذا كان ضغط كل من الديناموين ١٠٠ فلت فالمطلوب ايجاد شدة التيار المارة فى كل من المجموعتين والضغط المنصرف فى كل منها (١) قبل توصيل سلك الحياد (٢) بعد توصيل سلك الحياد مع اهمال المقاومات الداخلية للديناموين

الحل : —

(١) قبل توصيل سلك الحياد

مقاومة المجموعة العليا $= \frac{٢٥٠}{٤} =$ ٦٢,٥ أوم

مقاومة المجموعة السفلى $= \frac{٢٥٠}{٢} =$ ١٢٥ أوم

وبما أن المجموعتين بالتوالى . فالمقاومة الـكلية = ٦٢,٥ + ١٢٥

= ١٨٧,٥ ‴

اذاً شدة التيار فى المجموعتين = الضغط على طرفى الدينامو ين / ١٨٧,٥ ‴

= ٢٠٠ فلت / ١٨٧,٥ ‴ = ١,١ أمبير تقريباً

∴ الضغط على طرفى المجموعة العليا = ١,١ أمبير × ٦٢,٥ ‴

= ٦٨,٧٥ فلت

والضغط على طرفى المجموعة السفلى = ٢٠٠ فلت — ٦٨,٧٥ فلت

= ١٣١,٢٥ فلت (مع أن المصباح لا يتحمل أكثر من ١٠٠ فلت)

(٢) بعد توصيل سلك الحياد

بما أن الضغط على طرفى المجموعة العليا = ٦٨,٧٥ فلت

اذاً قوة دفع الدينامو الأعلى فى سلك الحياد (عن طريق المصابيح العليا)

= ١٠٠ فلت — ٦٨,٧٥ = ٣١,٢٥ فلت

وبما أن الضغط على طرفى المجموعة السفلى = ١٣١,٢٥ فلت فقوة دفع الدينامو الأدنى فى سلك الحياد (عن طريق المصابيح السفلى) = ١٠٠ فلت — ١٣١,٢٥ = — ٣١,٢٥ فلت

ومعنى ذلك أن قوة الدفع عكسية لأن الضغط على طرفى المصابيح السفلى (١٣١,٢٥ فلت) أكبر من الضغط أو القوة الدافعة المتولدة فى الديناءو الادنى

اذاً محصلة القوتين = ٣١,٢٥ فلت — (— ٣١,٢٥) = ٦٢,٥ فلت

وشدة التيار فى سلك الحياد = مقـدار زيادة التيار فى المجموعة العليا لزيادة الضغط بمقدار ٣١,٢٥ فلت + مقدار نقص التيار فى المجموعة السفلى بمقدار نقص الضغط على طرفيها بمقدار ٣١,٥ فلت

$$= \frac{\text{٣١,٥ فلت}}{\text{٦٢,٢٥ "}} + \frac{\text{٣١,٥ فلت}}{\text{١٢٥ "}} = \text{٠,٥} + \text{٠,٢٥} = \underline{\underline{\text{٠,٧٥}}}$$ أمبير تقريباً

ملحوظة : من هذا المثل يتضح لنا مقدار الخطر على المصابيح اذا حملت بأحمال مختلفة بدون سلك الحياد اذا كانت التوصيلة على طريقة الثلاثة أسلاك كذلك اذا أوجدنا فرق شدتى التيار اللازم لكل من المجموعتين بالضغط اللازم لكل منهما (١٠٠ فلت) تجد أنها تساوى تماماً الجواب السابق (٠,٧٥ امبير) وهذه طريقة اخرى لحل هذه المسائل

الفصل الثالث

المقارنة بين كتلة النحاس المستعمل فى الموصلات بطريقة السلكين والمستعمل فى الموصلات بطريقة الثلاثة أسلاك اذا تساوت القدرة والمفقود

بند **١٣٦** — نفرض أن الحمل فى طريقة السلكين = س أمبير فالحمل فى طريقة الثلاثة أسلاك وعلى نفس البعد من الدينامو = $\frac{\text{ش}}{٢}$ لتساوى القدرة فى كليهما (بند ١٥٣). ونفرض أن $م_٢$ مقاومة السلك فى حالة السلكين ، $م_٣$ مقاومة السلك فى حالة الثلاثة أسلاك

∴ مفقود القدرة فى الحالة الأولى = $\text{ش}^٢ \times م$ ، مفقود القدرة فى الحالة الثانيـة = $\frac{\text{ش}^٢}{٤} \times م_٣$

وبما أننا اشترطنا أن يتساوى المفقودان

$$\therefore \frac{ش^2}{٤} \times م_٣ = ش^2 \times م_٢ \qquad \therefore \frac{م_٢}{م_٣} = \frac{١}{٤}$$

وبما أن المسافة بين الحمل والينبوع الكهربائى متساوية فى الحالتين وكذلك المقاومة النوعية للاسلاك

$$\therefore \frac{م_٢}{م_٣} = \frac{س_٣}{س_٢} = \frac{١}{٤}$$

بفرض أن $س_٣$ ، $س_٢$ تساوى مساحة المقطع للسلك « بطريقة الثلاثة أسلاك وطريقة السلكين »

ومعنى ذلك أن سطح قطاع السلك فى حالة الثلاثة أسلاك = $\frac{١}{٤}$ قطاع السلك فى حالة السلكين

وبما أن السلك الوسط لا يحمل الا التيار الكهربائى الذى هو الفرق بين الحملين فقد اتفـــق أن يكون سطح قطاعه يساوى نصف قطاع السلكين الخارجيين . أى $\frac{١}{٨}$ سطح قطاع السلك من سلكى التوزيع بسلكين

واذا أضفنا أسطح قطاعات جميع الاسلاك فى كل حالة ينتج أن مجموع أسطح قطاعات التوزيع بثلاثة أسلاك = $\frac{١}{٤} + \frac{١}{٤} + \frac{١}{٨} = \frac{٥}{٨}$

اذا كانت الاسطح بطريقة السلكين = ١ + ١ = ٢

وبما أن الإسلاك فى الحالتين من نوع واحد

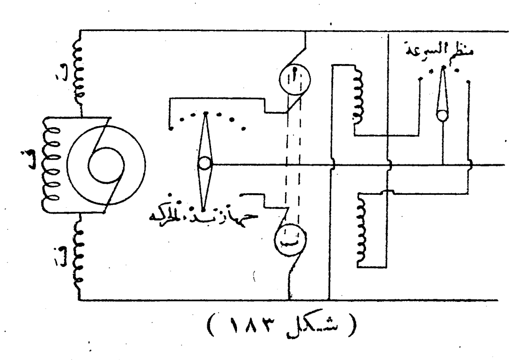
∴ النسبة المئوية لكتلة النحاس المستعملة فى الثلاثة أسلاك بالنسبة لها فى السلكين = $\frac{٥ \times ١٠٠}{٨ \times ٢}$ = ٣١,٥ ٪

أى أنه يوجد توفير فى كتلة النحاس المستعملة فى الثلاثة أسلاك بمقدار ٦٨,٥ ٪

الفصل الرابع

آلات التوازن

بند **١٣٧** — يستعمل عادة فى التوصيل بثلاثة أسلاك دينامو واحد ضغطه يساوى ضغط الدينامو ين . وفى هذه الحالة يجب أن تصمم طريقة لحمل تيار فوق الحملين عن طريق السلك المحايد (أو سلك الحياد) . والشكل ١٧٣ يبين احدى هـذه الطرق وهو عبارة عن التوزيع بثلاثة أسلاك بما فيـه أجهزة التوازن وهى محركان ا ، ب أحدهما « ا » موصل بين الموجب وسلك الحياد والآخر « ب » بين السالب وسلك الحياد . والأول لفات عضو توليده موصلة بين السالب وسلك الحياد . والثانى لفات توليده موصلة بين الموجب وسلك الحياد . والمحركان معشقان ببعضهما على محور واحد



(شكل ١٨٣)

فاذا تساوى الحملان المحمل بهما الموجب والسالب . فجهاز التوازن يدوران كمحركين حيث يستمد كل منهما التيار من الدينامو العمومى

أما لو زاد حمل أحدهما عن الآخر . ولتكن الزيادة فى الحمل بين الموجب وسلك الحياد مثلا . فالضغط الكهربائى بين هذين السلكين يقل عنه بين السالب وسلك الحياد (بند ١٣٦) والسبب فى ذلك راجع الى أن الحملين متصلان بالتوالى ببعضهما . فالضغط الكلى بين الموجب والسالب يتوزع بينهما بنسبة مقاومتهما . ومعنى زيادة الحمل عن الآخر هبوط مقاومة الأول عن الثانى . فالنتيجة أن الضغط على الحمل الأعلى يهبط عن الضغط على الحمل الأدنى

وبما أن المحرك الاعلى متصل بالتوازى مع الحمل الأعلى (كما هو ظاهر من الشكل) فالضغط بين طرفيه (وهو المساوى لضغط الحمل المتصل معه بالتوازى) يهبط فيقل عن الضغط على طرفى المحرك الأدنى (حيث يزيد الضغط على طرفى هذا الاخير لهبوط الحمل المتصل بالتوازى معه)

وبما أن سرعة المحرك الاعلى مقيدة بالأدنى فقوته الدافعة الرجعية تزيد عن الضغط الكهربائى على طرفيه ويساعد على ذلك أن مغناطيسية لفاته المستمدة من الطرفين السالب وسلك الحياد تزيد عن مغناطيسية المحرك الثانى وهذا مما يزيد فى ارتفاع قوته الدافعة الرجعية فيشتغل كدينامو يعطى تياراً يساوى الفرق بين الحملين . وهذا التيار يمر من الموجب الى الحمل الاعلى الى الطرف السالب لهذا الدينامو . فيتساوى الضغطان الأعلى والأدنى وهو المطلوب : —

وعادة الدينامورات المستعملة فى طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك تكون من النوع المركب (القصير) بحيث أن لفات التوالى توصل من طرفيه للسلكين الخارجيين كما هو مبين حتى يساعد على التوازن عند اختلاف الاحمال .

امثلة محلولة على الباب العاشر

محطة كهربائية من ذات السلكين تعطى طاقة كهربائية بضغط ٢٢٠ فلت ويراد تغيير تصميمها لتوزيع الطاقة بطريقة الثلاثة أسلاك بضغط ٤٤٠ فلت . فاذا تساوت الطاقة فى التصميمين الأول والثانى وكذلك مفقود الضغط فى الاسلاك الموصلة من المحطة للدوائر الكهربائية . فالمطلوب ايجاد مقدار الوفر فى المائة فى الاسلاك على الطريقة الثانية . مع العلم ان سطح قطاع كل من السلكين فى الحالة الأولى = ٢, بوصة مربعة

الحل : —

بما أن الضغط الكهربائى فى التصميم الثانى = ضعفه فى التصميم الاول

مع تساوى مفقود الضغط فى الاسلاك فى الحالتين

اذاً سطح قطاع كلٍ من السلكين الخارجيين للتوصيلة الثانية $= \frac{1}{4}$ سطح قطاع كل من السلكين فى التوصيله الاولى أى $= \frac{٢ر}{٤} =$ ٠٥ر بوصة مربعة (بند ١٣٧)

وسطح قطاع سلك الحياد $= \frac{1}{2}$ سطح قطاع كل من السلكين الخارجيين (بند ١٣٧) $= \frac{٠٥ر}{٢} =$ ٠٢٥ر بوصه مربعه

∴ مجموع أسطح القطاعات للثلاثة أسلاك (الطريقة الثانية)

$=$ ٠٥ر $+$ ٠٥ر $+$ ٠٢٥ر $=$ ١٢٥ر بوصه مربعه

وفى السلكين (الطريقة الاولى) $=$ ٢ر $+$ ٢ر $=$ ٤ر بوصة مربعة

وبما أن المسافة بين المحطة الكهربائية والدوائر الكهربائية متساوية فى الحالتين

اذاً مقدار النحاس المستعمل فى الحالة الثانية $= \frac{١٢٥ر}{٤ر} \times$ ١٠٠

$=$ ٣١,٢٥ ٪ من المستعمل فى الحالة الاولى

اذاً مقدار الوفر $=$ ٦٨,٧٥٪

(٢) محطة كهربائية مصممة على طريقة الثلاثة أسلاك بضغط ٤٨٠ فلت بين السلكين الخارجيين وكانت الدوائر الموصلة كالآتى : —

أولا — بين الطرف الايجابى وسلك الحياد موصل ٢٠٠ مصباح يلزم كل منها ٦٠ وات على ضغط ٢٤٠ فلت و ٧٠ مصباح يلزم كل منها ١٠٠ وات على ضغط ٢٤٠ فلت

ثانياً — بين الطرف السلبى وسلك الحياد موصل ١٢٠ مصباح يلزم كل

منها ٦٠ وات ، ٤٥ مصباح يلزم كل منها ١٠٠ وات . وكل مصباح يلزمه ضغط ٢٤٠ فلت

فالمطلوب (أولا) ايجاد التيار الكهربائى فى سلك الحياد واتجاه سيره . (ثانياً) الضغط على طرفى المجموعة الأولى والضغط على طرفى المجموعة الثانية اذا فصلنا سلك الحياد

الحل :—

(أولا)

الخطوة الأولى — التيار الكهربائى فى كل مصباح من المصابيح اللازم

لكل منها ٦٠ وات = ٦٠ وات / ٢٤٠ فلت = ٢٥ر أمبير

∴ التيار الكهربائى فى ٢٠٠ مصباح = ٢٠٠ × ٢٥ر = ٥٠ أمبير

وفى كل مصباح من المصابيح اللازم لكل منها ١٠٠ وات = ١٠٠ وات / ٢٤٠ فلت

= ٤١٧ر أمبير

وفى ٧٠ مصباح = ٤١٧ر × ٧٠ = ٢٩ أمبير

اذاً الشدة الكلية على الطرف الموجب = ٥٠ + ٢٩ = ٧٩ أمبير بين السالب وسلك الحياد

الخطوة الثانية — الشدة اللازمة للمصابيح ٦٠ وات وعددها ١٢٠

= ١٢٠ × ٢٥ر أمبير = ٣٠ أمبير

وللمصابيح ١٠٠ وات وعددها ٤٥ = ٤٥ × ٤١٧ر أمبير = ١٨٫٨ أمبير

اذاً التيار الكلى على الطرف السالب = ٣٠ + ١٨٫٨ = ٤٨٫٨ أمبير

الخطوة الثالثة — بما أن الطرف الموجب يحتاج لشدة تيار قيمتها ٧٩ أمبير والطرف السالب ٤٨٫٨ أمبير

اذاً يجب أن يحمل السلك الوسط (سلك الحياد) فرق هاتين الشدتين .

أى ٧٩ — ٤٨٫٨ = ٣٠٫٢ أمبير

وبما أن الحمل الأعلى (٧٩ أمبير) أكبر من الحمل الأدنى (٣٠٫٢ أمبير) ففرق الحملين (٣٠٫٢ أمبير) يمر فى السلك الوسط فى اتجاه المحطة الكهربائية (شكل ١٨١)

(ثانياً)

الخطوة الأولى — مقاومة المصابيح على الطرف الايجابى = $\frac{\text{٢٤٠ فلت}}{\text{٧٩ أمبير}}$

= ٣"

ومقاومة المصابيح على الطرف السالب = $\frac{\text{٢٤٠ فلت}}{\text{٤٨٫٨ أمبير}}$ = ٤٫٩"

الخطوة الثانية — شدة التيار الكهربائى المارة فى مجموعتى المصابيح بعد فصل سلك الحياد = $\frac{\text{٤٨٠ فلت}}{\text{٤٫٩ + ٣}}$ = ٦٠٫٧٦ أمبير (وذلك لأن مجموعتى المصابيح موصلة بالتوالى ببعضها)

الخطوة الثالثة — الضغط على طرفى المجموعة العليا = ٦٠٫٧٦ × ٣"

= ١٨٢ فلت

والضغط على طرفى المجموعة السفلى = ٦٠٫٧٦ × ٤٫٩" = ٢٩٨ فلت

وهذا مما يدل على وجوب عدم فصل سلك الحياد والا تعرضت المصابيح أو الاحمال للخطر

تمرينات على البـــاب العاشر

(١) اذا رفع الضغط الكهربائى فى محطة كهربائية من ١٠٠ فلت الى ٢٢٠ بشرط أن مفقود القدرة فى الاسلاك العمومية لا يتأثر عما كان على الضغط الاول . فكم فى المائة تزيد مقدرة المحطة الكهربائية على اعطاء تيار كهربائى

(مع اهمال زيادة مقاومة الاسلاك لارتفاع درجة حرارتها)

(٢) اذاً ضعفنا الضغط الكهربائى اللازم لاعطاء قدرةٍ ما فى الدوائر الكهربائية . فالمطلوب (ا) ايجاد تأثير ذلك على القدرة المفقودة فى الأسلاك (ب) ايجاد نسبة سطح قطاع الاسلاك فى الحالة الثانية اليها فى الحالة الأولى حتى لا يزيد المفقود فيها عما كان فى الحالة الاولى (حـ) ايجاد نسبة طول الاسلاك الموصلة فى الحالة الثانية اليها فى الحالة الاولى حتى لا يزيد المفقود فيها عما كان فى الحالة الاولى

(٣) معمل من المعامل ينار بمصابيح كهربائية على طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك والضغط الكهربائى على طرفى السلكين الخارجيين ٤٤٠ فلت . فاذا كان عدد المصابيح الموصلة بين السلك الموجب وسلك الحياد ٣٥٠ مصباح وكل منها يأخذ ٢ر أمبير . وعدد المصابيح من النوع الاول الموصلة بين السلك السالب وسلك الحياد ٢٨٠ مصباح . فاذا فرضنا أن مقاومة المصابيح ثابتة . فالمطلوب (ا) ايجاد الضغط الكهربائى على طرفى كلٍ من المجموعتين اذا فصل سلك الحياد عن الينبوع الكهربائى المستمد منه التيار (ب) ايجاد شدة التيار المارة فى سلك الحياد بعد توصيله

(٤) اشرح طريقة التوزيع بثلاثة أسلاك . ثم اشرح باختصار نقائصها ومزاياها عن طريقة التوزيع بسلكين

الباب الحادى عشر

البطاريات الثانوية

الفصل الأول

نظرية البطاريات الثانوية

بند ١٣٨ — اذا وضعنا لوحين أحدهما من الرصاص والثانى من ثانى أكسيد الرصاص فى حامض الكبريتيك المخفف ووصلنا طرفيهما بامبيرومتر لاحظنا مرور تيار كهربائى فى دائرة الامبيرومتر يخرج من لوح ثانى أكسيد الرصاص . ولكن بعد وقت قصير يتغير لون اللوحين ويضعف التيار تدريجياً الى أن يصل الى الصفر . ولكن عند ارسال تيار كهربائى من ينبوع خارجى للوحين فى اتجاه مضاد للاول ترجع حالة اللوحين الى ما كانت عليه فى بادىء الامر بحيث أنه يمكننا أخذ تيار كهربائى منهما كما فى الحالة الأولى

وأول من اكتشف هذا العامود هو بلانتيه سنة ١٨٦٠ وقد أطلق عليه عامود ثانوى أو مكثف وتسمى عملية التكوين بطريقة توصيل اللوحين بينبوع كهربائى خارجى بعملية الشحن . وعملية أخذ التيار من العامود للدائرة الخارجية تسمى بعملية التفريغ واللوح الذى يخرج منه التيار أثناء التفريغ باللوح الموجب والثانى بالسالب — واللوح الموجب هو لوح ثانى أكسيد الرصاص ولونه بنى قاتم بينما لوح الرصاص السالب رمادى باهت Neutral grey

يستنتج مما تقدم أننا اذا وصلنا تياراً كهربائياً لعامود مكون من لوحين من الرصاص النقى ومحلول حمض الكبريتيك فاللوح الداخل فيه التيار الكهربائى

يكوّن ثانى اكسيد الرصاص بينما اللوح الذى يخرج منـه التيار لا يتغير. واليك ما يحصل من التفاعل على وجه التقريب

التفاعل أثناء الشحن

اللوح السالب — يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ر = ر كب ا$_{٤}$ + يد$_{٢}$ = كبريتات الرصاص + ايدروجين

ر كب ا$_{٤}$ + يد$_{٢}$ = ر + يد$_{٣}$ كب ا$_{٤}$

(يد$_{٢}$ = الايدروجين الخارج من تحليل الماء الى عنصريه وهو الاكسجين والايدروجين)

اللوح الموجب — يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ر = ر كب ا$_{٤}$ + يد$_{٢}$

ر كب ا$_{٤}$ + ايد$_{٢}$ + ا = را$_{٢}$ + يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$

يؤخذ مما تقدم أن الألواح الموجبة للاعمدة الثانوية يجب أن تكون مغطاة بثانى اكسيد الرصاص بخلاف السالبة التى لا تتكون الا من رصاص نقى وعلى مقـدار ثانى اكسيد الرصاص المتكون تتوقف قوة العـامود . ولعمل الالواح الموجبة والسالبة طريقتان : —

«١» تسمى بطريقة التكوين الطبيعى لبلانتيه Planté plates

«٢» تسمى بطريقة التكوين الصناعى لفوريه Fauré Plate

طريقة التكوين الطبيعى للالواح

بند **١٣٩** — يوصل تيـار كهربائى للالواح الرصاص النقية المغمورة فى محلول حامض الـكبريتيك . فالالواح الموجبة تتفاعل مع المحلول وتتكون طبقة رفيعة عليها من ثانى أكسيد الرصاص بينما الألواح السالبة لا تتغير ولـكن بعد دقائق قليلة عند ما يلاحظ أن طبقة ثانى أكسيد الرصاص لا تزداد تفتح الدائرة الـكهربائية ويلاحظ عند فتحها أن طبقة ثانى أكسيد الرصاص قد تحولت الى كبريتات الرصاص وذلك بتفاعل حامض الـكبريتيك على الألواح الموجبة

فاذا وصلنا التيار الكهربائى ثانياً تتحول كبريتات الرصاص الى اكسيد الرصاص ولكن هذه الطبقة تكون أسمك من الاولى فكلما كررنا هذه العملية (شحن البطارية ثم قطع دائرتها عند ملاحظة عدم زياده طبقة ثانى اكسيد الرصاص) كلما زادت كمية ثانى اكسيد الرصاص وكلما امتلأت مسام الالواح الايجابية بها ولكن هذه العملية المسماة بعملية التكوين الطبيعى متعبة جداً وخصوصاً اذا لاحظنا أن الالواح يجب اراحتها جملة ساعات وربما يوماً كاملا بين كل شحنة وأخرى لهذا السبب ولبطء تكوين ثانى اكسيد الرصاص بهذه الطريقة استعيض عنها بالطريقة الثانية الصناعية لفوربيه

طريقة التكوين الصناعى

بند ١٤٠ — تغطى الالواح الموجبة بمعجون مكون من اكسيد الرصاص الاحمر (سلقون) + حامض كبريتيك حيث يتفاعل الاثنان ويكونان ثانى اكسيد الرصاص + كبريتات الرصاص

ر$_{3}$ ا$_{4}$ + ٢ يد$_{2}$ كب ا$_{4}$ = ر ا$_{2}$ + ٢ ر كب ا$_{4}$ + ٢ يد$_{2}$ ا

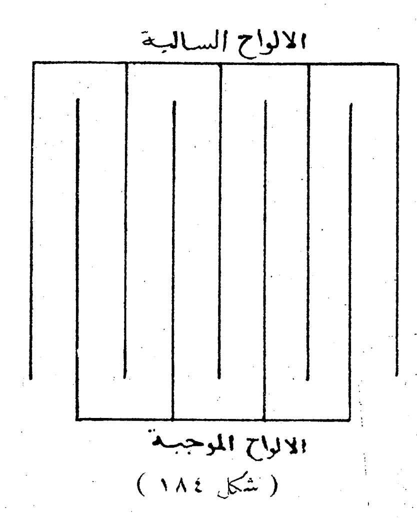
ولتماسك هذا المعجون يضاف اليه بعض الجلسرين — وتغطى الالواح السالبة بمعجون مكون من أول اكسيد الرصاص «الليتارج» + حامض الكبريتيك يضاف اليه جلسرين

والغرض من تغطية الالواح السالبة بهذا المعجون هو لمنع هذه الالواح من الكبرتة (أى من تحويلها أثناء التفريغ الى كبريتات الرصاص) الذى يعيق سير التيار الكهربائى ويغير الالواح حتى لا تصلح للاستعمال

الفصل الثانى

تصميم البطاريات الثانوية

بند ١٤١ — لعمل عامود ثانوى ذات قدرة كبيرة توصل جملة ألواح داخل العامود بالتوازى ببعضها لتكون الطرف الايجابى بشرط أن عدد الالواح السلبية يزيد لوحاً واحداً عن الايجابية حتى يحصل التفاعل بالتساوى على أوجه الالواح الايجابية كما هو مبين بالشكل التخطيطى ١٨٤

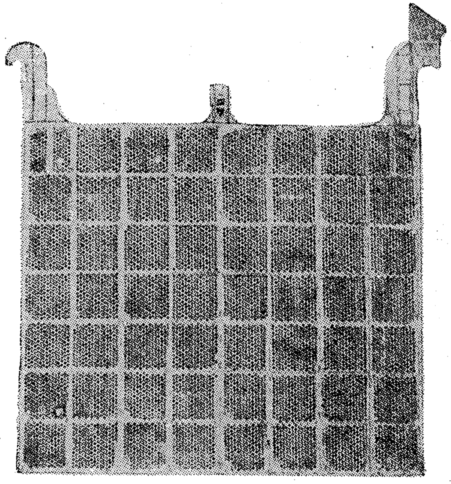


(شكل ١٨٤)

الالواح ذات المعجون « عملية Fauré »

بند ١٤٢ — يجب تصميمها بحيث أن المعجون يتماسك تماسكاً تاماً فى جسم اللوح وذلك بعمل خلايا مربعة على وجه اللوح كما فى شكل ١٨٥ فعند وضع المعجون يملأ هذه الخلايا وعلى ذلك يكون المعجون فى مأمنٍ من الانفصال عن اللوح . وبعد أن توصل جميع الالواح الموجبة المكونة للعامود ببعضها و كذلك السالبة توضع فى وعاء عازل مثل الزجاج أو الاسبستس « Aspestos » بشرط أن لا تمس الالواح قاع الوعاء بل تترك مسافة تتراوح بين ١٫٥ و ١٫٦ سم تتساقط فيها الاملاح فتصبح الالواح فى مأمن منها — ولاجل ألا تكون الألواح عرضة للتلامس داخل العامود نفصل هذه الالواح عن بعضها بأنابيب عازلة من الزجاج أو الابانوس وتتراوح المسافات

بين كل لوح وآخر بين ٠,٦ و ١,٢ سم . ولاجل زيادة الاحتياط من حدوث قصر توضع الاعمدة كل منها على أربعة قواعد من الصينى وهذه الاخيرة محمولة على لوح من الخشب كما فى شكل (١٨٦) وهو عبارة عن بطارية مكونة من عمودين



(شكل ١٨٥)

القوة الدافعة المتولدة فى الاعمدة الثانوية

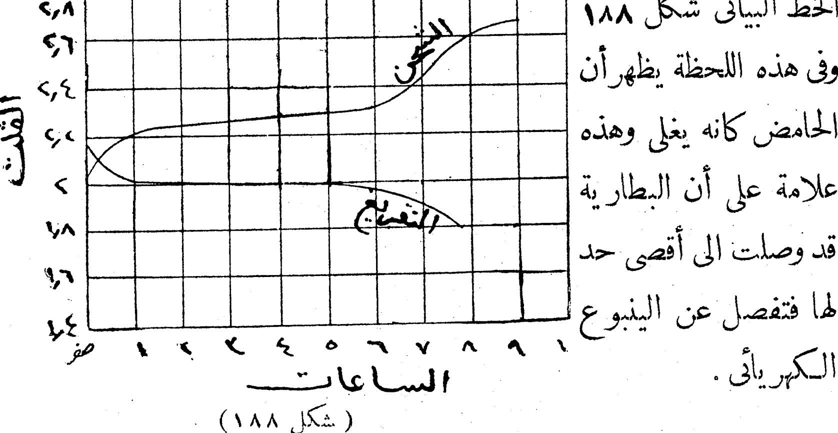
بند ١٤٣ — القوة الدافعة المتولدة فى عامود ثانوى تبلغ ٢ فولت ولكنها تتغير بتغير كثافة الحامض بين ١,٠٧ و ١,٣. ولكن اذا قلت الكثافة عن ١,٠٨ فينقص الفولت بسرعة . وكثافة الحامض تتراوح بين ١,٢ و ١,٢٢ عند شحن البطارية وبين ١,١٨٥ و ١,١٩٥ اذا كان العامود فارغاً والمنحنى (شكل ١٨٧) يبين العلاقة بين الفلت والكثافة

(شكل ١٨٦)

(شكل ١٨٧)

واذا ابتدأنا التفريغ بعد الشحن مباشرة فالفلت ينقص بسرعة من ٢,٥ الى ٢ فولت وبعد ذلك تصير قيمته ثابتة جملة ساعات « أربع ساعات تقريبا » ثم ينقص بعدها الى ١,٨ فلت وذلك لنزول كثافة الحامض « لتكوين الماء » واذا استمر التفريغ فان الالواح السلبية تتكبرت . وعلى ذلك يجب عدم تفريغ العامود اكثر من ١,٨ فلت وبعدها يعاد شحنه .

وعند شحن البطارية يرتفع الفلت بسرعة من ١,٨ فلت ثم بعدها يرتفع ببطء لغاية ٢,٣ فولت تقريباً ثم بعدها يرتفع بسرعة الى ٢,٦ كما هو ظاهر من الخط البيانى شكل ١٨٨ وفى هذه اللحظة يظهر أن الحامض كانه يغلى وهذه علامة على أن البطارية قد وصلت الى أقصى حد لها فتفصل عن الينبوع الكهربائى .



(شكل ١٨٨)

الينبوع الكهربائى اللازم لشحن البطاريات وكيفية توصيله

بند ١٤٤ — أولا — يجب أن يوصل الطرف الموجب للينبوع الكهربائى بالطرف الموجب للبطارية المراد شحنها وكذلك السالب بالسالب .

ثانياً — يجب أن يكون الدينامو المستمر التيار المعد لشحن البطارية دينامو توازى .

ثالثا — يجب قبل توصيل الدائرة للشحن أن ينظم الفلت المعد للشحن بحيث يزيد ١٠ ٪ عن فلت البطارية بعد شحنها .

رابعاً — لايمكن شحن البطارية من ينبوع متغير التيار ما لم يحول هذا

التيار المتغير الى تيار مستمر وتوجد أجهزة لهذا الغرض تسمى « Rectiphires »
أو يمكن ادارة محرك بواسطة التيار المتغير والمحرك معشق بدنيامو مستمر التيار
وهو الذى يستعمل للشحن .

سعة البطارية

بند ١٤٥ — سعة البطارية تقاس بالامبير ساعة فمعنى أن سعة بطارية
٤٠ أمبير ساعة انها يمكن أن تتحمل أعطاء ٤٠ أمبير مدة ساعة أو خمسة أمبيرات
لمدة ٨ ساعات أو ٢ أمبير لمدة ٢٠ ساعة أو ١ أمبير لمدة ٤٠ ساعة. أى أن حاصل
ضرب الامبير الذى تشتغل عليه البطارية فى الزمن الذى يمكن أن تستمر فيه
قوتها = ٤٠ أمبير ساعة . وتتوقف سعة البطارية على اتساع الجزء المغمور من
الالواح لان المقاومة الداخلية تكون أقل ولكن عمل لوح كبير من الامور
الشاقة علينا . فبدلا من ذلك يعمل العامود من جملة الواح بالتوازى كما سبق
الكلام على ذلك.

جودة البطارية

بند ١٤٦ — ١ — الشغل المأخوذ من البطارية أثناء التفريغ = وات
ساعات التفريغ .

٢ — الشغل المعطى للبطارية اثناء الشحن = وات ساعات الشحن

$$\therefore \text{الجودة} = \frac{\text{الوات ساعات المأخوذة من البطارية}}{\text{الوات ساعات المعطاة للبطارية}} = \text{من ٦٠٪ الى ٩٠٪}$$

$$\text{وجود الكمية للبطارية} = \frac{\text{امبير ساعات التفريغ}}{\text{امبير ساعات الشحن}} = \text{من ٩٠٪ الى ٩٨٪}$$

الفصل الثالث

مساعدة البطارية الاتوماتيكية للدينامو أثناء الشغل

بند ١٤٧ — من مميزات البطاريات الثانوية ان مقاومتها الداخلية صغيرة جداً تكاد لاتؤثر على الضغط على طرفيها عند تحميلها . أى ان القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى البطارية (بعد شحنها) تساوى الضغط الكهربائى على طرفيها تقريباً .

والشكل ١٨٩ يبين دينامو (توازى طبعاً) متصلا بالتوازى مع البطارية ومحمل فى نفس الوقت بدائرة مصابيح . فاذا فرضنا أن البطارية فى بدء شحنها فالدينامو يعطى تياراً للبطارية وفى نفس الوقت يغذى دائرة المصابيح . وهذا يستمر الى أن يرتفع فلت البطارية ويتساوى مع الضغط على طرفيها . أى على طرفى الدينامو فتشترك البطارية مع الدينامو فى تغذية المصابيح

(شكل ١٨٩)

فلو فرضنا أن الحمل المحمل به الدينامو . زاد عن طاقة الدينامو فالضغط على طرفيه يهبط قليلا بمقدار ما فقد داخل الدينامو وبما أن ضغط البطارية مساوٍ تقريباً للقوة الدافعة المتولدة فيه كما قلنا . فالبطارية تعطى تيار الحمل الزائد عن طاقة الدينامو وهكذا فيصبح الضغط على طرفى الحمل ثابتاً بمساعدة البطارية وهو المطلوب

ولكن هذا التنظيم الاتوماتيكى لا يكون مضموناً اذا زاد الحمل لدرجة يتعذر على كلٍ من البطارية والدينامو احتماله . لذلك اخترعت المساعدات المبينة فى بند ١٤٩ لتساعد الدينامو على شحن البطارية أثناء هبوط الحمل وتساعد

البطارية على التفريغ (لمساعدة الدينامو) اذا زاد الحمل عن حده القانونى المصمم عليه الدينامو

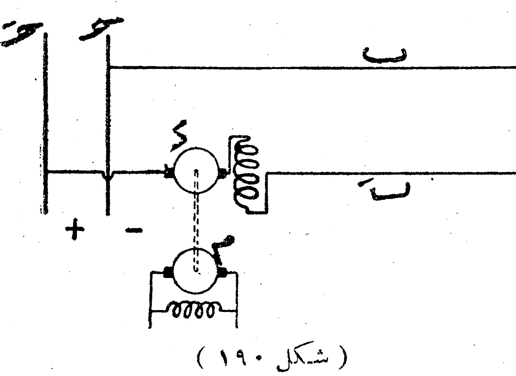
المساعدات

بند ١٤٨ — هى دينامو ات صغيرة الغرض منها تغيير القوة الدافعة الكهربائية « ق . د . ك » المستمدة من ينبوع آخر . وتستخدم المساعدات فى :—

أولا — رفع القوة الدافعة الكهربائية فى الاسلاك الموصلة للاحمال بمقدار ما يفقد منها فى مقاومة هذه الاسلاك وعلى ذلك تصير القوة الدافعة الكهربائية ثابتة على الحمل مهما زاد

ثانياً — تغيير القوة الدافعة الكهربائية لدائرة البطارية الثانوية لتسهيل مرور التيار من الدينامو للبطارية لشحنها وبالعكس

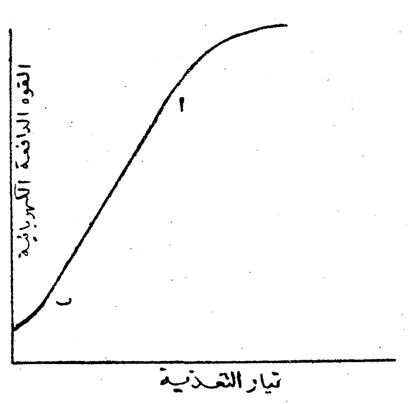
وشكل ١٩٠ يبين مساعداً للغرض الأول وهو عبارة عن سلكى تغذية ب ، ب١ متصلين بسلكى المحطة الكهربائية « Busbars » الرئيسيين ح ، ح١ ومتصل بدائرة التغذية مساعد د وهو دينامو توالى يدور بواسطة محرك م ولنفرض أن ضغط المحطة الكهربائية ٤٦٠ فولت وأن الضغط فى نهايتى السلكين اللذين على



(شكل ١٩٠)

طرف الحمل المسميين بسلكى التغذية يجب أن لا يقل عن ٤٦٠ فلت والضغط المستهلك فى أسلاك التغذية على أقصى حمل هو ٢٠ فلت — فلتعويض مفقود الضغط فى أسلاك التغذية يوضع فى سلك التغذية مساعد وهو عبارة عن دينامو متصلة لفات عضو توليده بالتوالى مع سلك التغذية ويدار بواسطة المحرك (م) . وبما أن عضو توليد المساعد يغذى بنفس تيار الحمل

فالقوة الدافعة الكهربائية المتولدة من المساعد تتغير بتغير الحمل و بما أن مفقود الضغط فى أسلاك التغذية يتناسب مع شدة التيار . اذاً يجب أن يكون تصميم المساعد بحيث أن القوة الدافعة الكهربائية « ق . د . ك » المتولدة منه تتناسب مع شدة التيار فى عضو التوليد أى مع الحمل وبذلك كل زيادة فى مفقود الضغط بزيادة الحمل يستعاض عنها

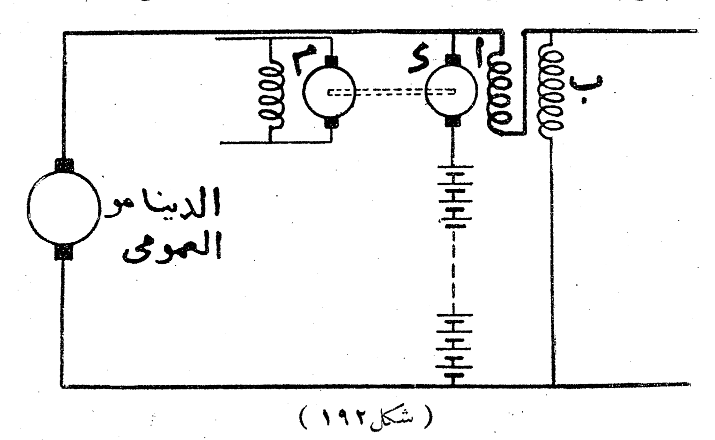


(شكل ١٩١)

بزيادة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى المساعد — ولأجل الوصول الى هذه الغاية يجب أن يشتغل المساعد على الجزء المستقيم من منحنى التمغطس أى الخط ا ب (شكل ١٩١) لأن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة عليه تتناسب مع تيار التغذية

المساعد التفريقى العكسى

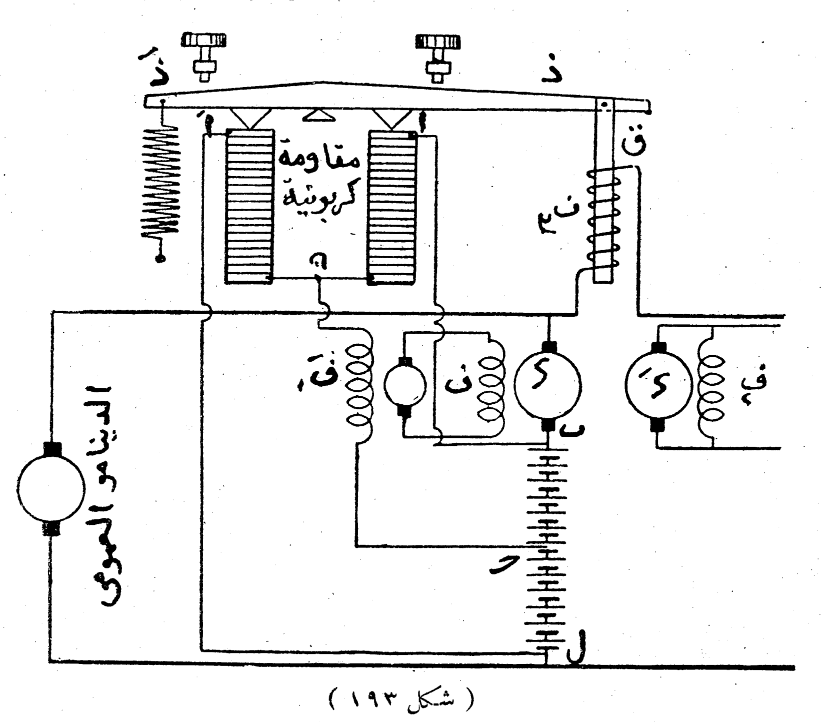
بند ١٤٩ — الشكل ١٩٢ عبارة عن مساعد تفريقى عكسى والمساعد



(شكل ١٩٢)

عبارة عن دينامو د يدار بواسطة محرك م ومتصل بالبطرية الثانوية وبطرفى السلكين الرئيسيين . وهذا الدينامو يغذى عضو توليده بواسطة ملفين أحدهما

« ا » والآخر « ب » والملف « ا » متصل بالتوالى مع السلكين الرئيسيين والآخر « ب » بالتوازى معهما وكل منهما يعاكس الآخر أى أن الامبير لفات الناتجة من التيار الكهربائى فى «ب» بعكسها فى «ا» فعندما يكون الحمل أقل من القانونى فأمبير لفات التوازى تزيد عن أمبير لفات التوالى فالفلت المتولد فى المساعد يساعد فلت الدينامو الاصلى على شحن البطارية . واذا كان الحمل قانونياً يتساوى فلت البطارية مع الدينامو الاصلى . أما فلت المساعد فيساوى صفراً لتساوى أمبير لفات التوالى مع أمبير لفات التوازى فاذا زاد الحمل عن حده القانونى تزيد أمبيرلفات التوالى عن التوازى فيضاف فلت المساعد على فلت البطارية أى أنه يصير بالتوالى معها و يساعد الاثنان الدينامو الاصلى على الحمل الزائد الغيرقانونى



(شكل ١٩٣)

والشكل ١٩٣ يبين جهاز مساعد تفريقى بمقاومات كربونيـة وهو مكون من الدينامو العمومى والبطارية ل ب المتصلة بالتوازى معه والدينامو ى متصل بالتوالى مع البطارية ولفات عضو توليده ف تغذى بدينامو آخر كما هو مبين

وهذا الدينامو لفات عضو توليده ف متصلة بين منتصف البطارية (ح) وطرفى المقاومتين الكربونيتين ا ى ، ا ى . أى فى نقطة (ى) والدينامو ان المبينان يداران بواسطة المحرك ى المستمد التيار من السلكين الرئيسيين للدينامو العمومى .
وتوجد رافعة ذ ذَ أحد طرفيها ذ متصل بقلب من الحديد و موضوع داخل ملف كهربائى ف م متصل بالتوالى مع السلكين الرئيسيين

والطرف الآخر للرافعة ذَ متصل بطرف سلك ذى زنبلك والطرف الآخر للزنبلك مثبت فى جسم الجهاز

ومثبت فى ذراعى الرافعة قطعتين من الحديد كل منهما على شكل منشور ثلاثى ومتجهان نحو سطح المقاومتين الكربونيتين

وهذا الجهاز مصمم بحيث أنه فى حالة تحميل الدينامو العمومى بالحمل القانونى فضغط الدينامو يتساوى مع القوة الدافعة للبطارية ولذلك قوة جذب الملف الكهربائى ف م للقلب الحديد و = قوة الزنبلك فى الطرف ذ ١ فضغط المنشورين الحديديين لألواح الكربون المكونة منهما المقاومتين الكربونيتين متساو وعلى ذلك فمقاومتاهما متساوية

وبما أن البطارية ب ل متفرع منها ثلاثة أسلاك ب ا ، ح ى ، ل ا ١ . ونقطة هـ فى منتصف البطارية فنظرية توزيع التيار فى المقاومتين الكربونيتين هى نفس نظرية التوزيع بثلاثة أسلاك المبينة فى الباب العاشر . حيث يعتبر السلك ح ى سلك حياد

اذاً لا يمر أى تيار كهربائى فى اللفة فَ المتصلة بالتوالى مع هذا السلك ما دامت المقاومتان الكربونيتان متساويتين وعلى ذلك لا تتولد قوة دافعه فى دينامو هذه اللفة

وبما أن ملف عضو توليد الدينامو ى . أى الملف ف يغذى من الدينامو ذى الملف فَ

اذاً عند ما يكون الحمل أقصى ما يمكن للدينامو العمومى تحمله كما قلنا

لا يتولد فلت فى الدينامو ى المتصل بالتوالى مع البطارية

أما اذا زاد الحمل عن طاقة الدينامو العمومى فقوة الجذب على القلب ه تزيد عن قوة الزنبلك فيضغط ذراع الرافعة ذ بواسطة المنشور المثبت فيه على ألواح المقاومة الكربونية ا ب فتقل مقاومتها عن الثانيـة . وعلى ذلك يمر تيار كهربائى فى سلك الحياد أى فى اللفة ف اتجاهه من ب الى ح . وعلى ذلك تتولد قوة دافعة فى دينامو هذه اللفة فتتغذى لفات عضو توليد الدينامو ى (وهى اللفات ف) فتتولد قوة دافعة كهربائية فى هذا الدينامو تساعد البطارية على التفريغ لمشاركة الدينامو العمومى فى الحمل الزائد

وبالعكس اذا هبط الحمل عن مقدور الدينامو العمومى فالفلت المتولد من الدينامو ى يكون بعكس الاول أى أنه يساعد الدينامو العمومى على شحن البطارية

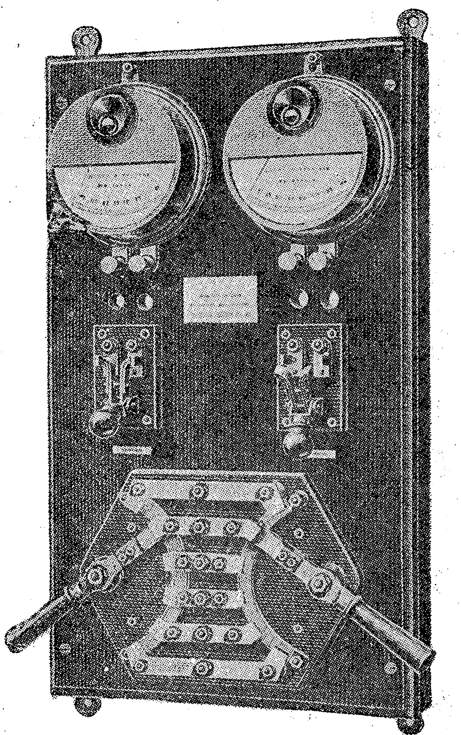
الفصل الرابع

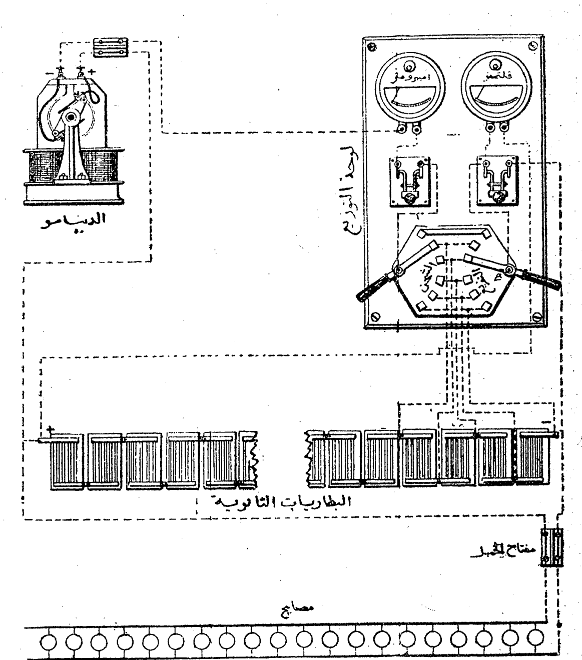
استعمال البطاريات الثانوية

بند ١٥٠ — أولا . تستعمل فى الدوائر الكهربائية الخصوصية « كانارة منزل من ينبوع كهربائى مخصص له » اذ يمكن شحن بطاريات ثانوية أثناء النهار ثم استعمالها بالليل لانارة المنزل بدلا من ادارة الدينامو طول الليل كما هو ظاهر بالشكل ١٩٤ — ويلاحظ أثناء التفريغ أن الفلت ينقص تدريجياً كلما زاد الحمل فلاجل تثبيت الفلت على طرفى المصابيح يستعمل مفتاح على بعض من البطاريات لحزف أو اضافة جزء منها لتنظيم الفلت الخارجى والشكل (١٩٤) يبين كيفية توصيل البطارية للشحن ثم للتفريغ

وشكل ١٩٥ يبين ذراع توصيلة مصمم بحيث لا تقطع الدائرة ولا يحصل

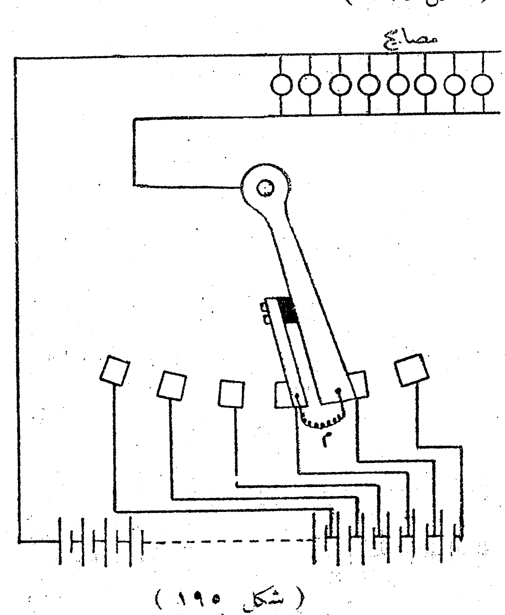
قصر فى العمود نتيجة تغطية الذراع للقطاعين الموصلين بطرفيه . فالمقاومة م





(شكل ١٩٤)

الموصلة بين طرفى ذراع التوصيلة والساق النحاسى المثبت فيه ومعذول عنه تؤدى هذين الغرضين (عدم قطع الدائرة وعدم القصر) كما هو واضح من الشكل عند نقله لنقص أو زيادة عدد البطاريات



(شكل ١٩٥)

ثانياً — تستعمل كاحتياطى فى المحطات الكهربائية فاذا حصل خلل فى الدينامو المستعمل فى

المحطة يمكن استعمال البطاريات الثانوية الى أن يصلح الخلل حتى لا تقف حركة الشغل فى الدائرة المستمدة تيارها الكهربائى من هذه المحطة (سواء كانت للانارة أو لاى غرض آخر)

ثالثاً — تستعمل كمنظمات للتيار الكهربائى الخارج من الدينامو حيث توصل بالتوازى مع دائرة الدينامو الرئيسية أو الفرعية حسب المرغوب لتساعد الدينامو فى الحمل الملقى عليه اذا زاد عن طاقته. وفى هذه الحالة يلاحظ أن شحن البطارية وتفريغها أتوماتيكياً لأن الدينامو فى الأوقات التى يكون فيها الحمل بسيطاً أى أقل من مقدوره فالضغط الكهربائى على طرفيه يزيد عنه على البطاريه فيشحنها وبالعكس والشكلان ١٩٢ و ١٩٣ يبينان ذلك

رابعاً — تستعمل فى الأتومبيلات بقصد الانارة أو لأغراض أخرى تختلف باختلاف تصميم الاتومبيلات

تعليمات عمومية على البطاريات

بند ١٥١ — أولا. يلزم أن تكون القاعة الموضوعة فيها الأعمدة جافة وذات نوافذ للتهوية. ويلزم تغطية القطع المعدنية فيها كالمفصلات والأقفال بالبرافين لمنع تأثير الغازات الحمضية عليها

ثانياً — عند انتهاء عملية الشحن يقطع أولا أتصال الأعمدة بالدينامو قبل وقوفه لئلا يرجع تيار البطارية ويتلف عضو استنتاجه

ثالثاً — يلزم اعادة ملحوظات التفريغ المطبوعة على سطح الأعمدة الخارجى بدقة لأن زيادة التفريغ ينتج عنه تفاعل كيماوى شديد وحرارة كبيرة يتسبب عنها كبريتات الرصاص

رابعاً — يحترس جداً من حصول قصر بالمرة فى الدائرة (دائرة الأعمدة) لان فى ذلك خطراً من ارتفاع تيار شديد بالنسبة لصغر المقاومة الداخلية للاعمدة وهذا التيار يتلف الالواح ويثنيها ويفرق أجزاءها

خامساً — لا يجب بأى حال من الاحوال تنقيص ضغط الاعمدة عن ١,٨٥ فلت لكل عمود وكثافة الحمض عن ١,١٨

سادساً — يلزم أن تكون الاعمدة مشحونة دائماً حتى فى زمن عدم استعمالها وقد يستحسن شحنها كل أسبوع أو اثنين مع اضافة قليل من كربونات الصودا المشبع على الحامض ليمنع تكوين الكبريتات ويصلح حال الاعمدة

سابعاً — عند ما يتبخر السائل من الاعمدة يعوض عنه بماء نقى فقط. ومن اللازم تغطية سطح الاعمدة بقطع من ألواح الزجاج ليقل التبخر ويمتنع خروج النقط الحمضية أثناء الشحن

ثامناً — لسهولة تمييز الاقطاب عن بعضها يمكن لف القضيب الموجب باللون الاحمر والسالب باللون الاسود

تاسعاً — تتوقف سعة البطارية على دقة الصنع وعلى الحجم. ولكن التجارب دلت على أن متوسط سعة البطارية ذات المعجون هو ١٠ أمبير ساعة لكل قدم مربع من سطح اللوح الموجب

فالعمود الذى يحتوى على ٨ ألواح موجبة مساحة كل منها ٤٥ بوصة مربعة

$$\text{سعته} = \frac{\text{٨} \times \text{٤٥ بوصة}}{\text{١٤٤}} \times \text{١٠ أمبير ساعة} = \text{٥٠ أمبير ساعة}$$

عاشراً — لشحن البطارية يجب أن تكون شدة تيار الشحن من $\frac{1}{10}$ الى $\frac{1}{8}$ سعة البطارية. فمثلا لو كانت سعة البطارية ٢٠ أمبير ساعة فشدة تيار الشحن لا يقل عن $\frac{1}{10}$ × ٢٠ أى ٢ أمبير وهذا يستمر لمدة ١٠ ساعات (لأن السعة = ٢ أمبير × ١٠ ساعات = ٢٠ أمبير ساعة) ولا يزيد عن $\frac{1}{8}$ × ٢٠ = ٢,٥ أمبير. وهذا يستمر لمدة ٨ ساعات

أما فى حالة التفريغ فلا يجب (احتياطياً) أن يزيد معدل تيار التفريغ عن $\frac{1}{4}$ سعة البطارية. فاذا كانت سعة البطارية ٦٠ أمبير ساعة فمعدل تيار التفريغ يجب أن لا يزيد عن $\frac{1}{4}$ × ٦٠ = ١٥ أمبير

مسائل محلولة على البطاريات

اذا كانت القوة الدافعة الكهربائية لبطارية ثانوية فى بدء التفريغ ٢٫٠٥ فلت ثم تقل تدريجياً الى ١٫٨٥ فلت لكل عامود فى نهاية التفريغ . فاذا كانت المقاومة الداخلية للعامود الواحد ٠٫٠٠٠٥ أوهم ومقامة الموصلات للمصابيح ٠٫٠١١ أوهم فما هى عدد الاعمدة اللازمة

(اولا) فى بدء التفريغ (ثانياً) فى نهاية التفريغ اذا كانت الدائرة الكهربائية عبارة عن مصابيح عددها ٥٠٠ مصباح وكل منها ٦٠ وات و ٢٢٠ فلت

الحل — شدة التيار فى المصابيح $= \frac{٥٠٠ \times ٦٠}{٢٢٠} =$ ١٣٦ أمبير

الضغط على طرفى كل عامود = القوة الدافعة الكهربائية للعامود — مفقود الضغط داخل العامود

والضغط المنصرف فى الموصلات = ٠٫٠١١ أوهم × ١٣٦ أمبير = ١٫٥ فلت

∴ الضغط اللازم على طرفى البطارية = ٢٢٠ + ١٫٥ = ٢٢١٫٥ فلت

الضغط المنصرف داخل العامود = ٠٫٠٠٠٥ × ١٣٦ = ٠٫٠٦٨ فلت

∴ الضغط على طرفى العامود فى بدء التفريغ = ٢٫٠٥ — ٠٫٠٦٨
= ١٫٩٨٢ فلت

∴ عدد الاعمدة فى بدء التفريغ $= \frac{٢٢١٫٥}{١٫٩٨٢} =$ ١١٥ عامود

الضغط على طرفى العامود فى نهاية التفريغ = ١٫٨٥ — ٠٫٠٦٨
= ١٫٧٨٢ فولت

∴ عدد الاعمدة فى نهاية التفريغ $= \frac{٢٢١٫٥}{١٫٧٨٢} =$ ١٢٨ عامود

∴ عدد الأعمدة الاحتياطية = ١٢٨ — ١١٥ = ١٣ عامود

تمرينات على الباب الحادى عشر

(١) بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ٢ فلت لكل عمود عند بدء التفريغ ثم تهبط الى ١,٨ فلت لكل عمود فى نهاية التفريغ. فاذا كانت المقاومة الداخلية لكل عمود = ٠,٠٠٥ ". فما هو عدد الاعمدة المكونة منها البطارية « ١ » عند بدء التفريغ « ٢ » عند نهاية التفريغ. اذا كان الحمل المحملة به البطارية طول مدة التفريغ عبارة عن ٨٠٠ مصباح قدرة كل منها ٣٠ وات والضغط اللازم لها ١٢٠ فلت

(٢) اذا كانت القوة الدافعة الكهربائية لبطارية ثانوية = ٢ فلت لكل عمود قبل التفريغ ولكنها هبطت بمجرد توصيلها لحمل يأخذ ١٠٠ أمبير الى ١,٩٥ فلت . فالمطلوب ايجاد المقاومة الداخلية لكل عمود

(٣) بطارية مكونة من ١١٠ عمود شحنت بتيار كهربائى قيمته ١٠٠ أمبير لمدة ٦,٥ ساعة وكان معدل القوة الدافعة اللازمة لشحن كل عمود = ٢,٣ فلت

فاذا وصلنا البطارية بعد الشحن السابق الى حمل وكانت شدة التيار فيه ١١٠ أمبير واستمر التفريغ ٥ ساعات بمعدل ٢ فلت لكل عمود فالمطلوب ايجاد : « ١ » جودة الكمية للبطارية « ٢ » جودة القدرة

(٤) اشرح باختصار الدوائر المختلفة التى تستعمل فيها البطاريات الثانوية

(٥) اشرح الاحتياطات اللازم اتباعها عند شحن أى بطارية وعند تفريغها

(٦) بطارية ثانوية حملت بالاحمال الآتية الى نهاية تفريغها : ٢٠ أمبير لمدة عشرين ساعة ، ١٠ أمبير لمدة ١٠ ساعات ، ٥ أمبير لمدة ٧ ساعات ، ٢ أمبير لمدة ٦ ساعات . فالمطلوب ايجاد سعة البطارية

الباب الثانى عشر

منظمات حركة محركات التوالى

الفصل الأول

المحركات المستعملة فى القاطرات الكهربائية

بند **١٥٣** — المحركات المستعملة فى القاطرات الكهربائية هى من نوع التوالى لأن عزم دوران هذا النوع فى بدء الحركة أقوى من أى نوع آخر من أنواع المحركات

ومهمة المنظم المستعمل لحركة القاطرات تتوقف على عدد المحركات المستعملة فى القاطرة

ففى القاطرة المستعمل فيها محرك واحد يجب أن يصمم المنظم لتأدية الوظائف الآتية

أولا — توصيل المحرك للقوة الدافعة الكهربائية ومقاومة بدء حركة

ثانياً — تقليل المقاومة تدريجياً (كما هو الحال فى جهاز بدء حركة محرك التوالى) الى أن تقطع كلية فيسير المحرك بأقصى سرعة ممكنة حيث يصير الضغط الكهربائى على طرفيه مساوٍ للقوة الدافعة الكهربائية المستمدة من الينبوع الكهربائى كما هو مبين بشكل ١٩٦

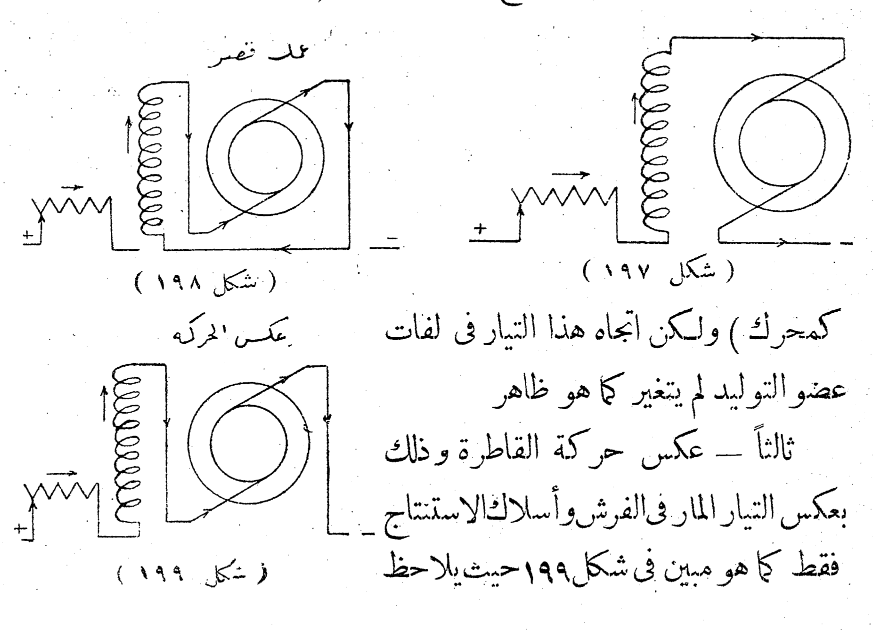
ثالثاً — اذا نزلت القاطرة من منحدر فمهمة المنظم فتح الدائرة الكهربائية للمحرك ثم توصيل طرفى المحرك ببعضهما أى عمل قصر فيه . وبما أن حركة المحرك ناتجة عن اندفاع القاطرة بتأثير المنحدر فالطاقة الميكانيكية المحركة له

تتحول الى طاقة كهربائية ويسير المحرك كدينامو فيتولد فيه تيار كهربائى اتجاهه عكس التيار الأول (أى الذى كان مستمداً من الينبوع الكهربائى) وعلى ذلك يتولد عزم رجعى يكون بمثابة فرملة تمنع المحرك من الاندفاع بشدة بتأثير جاذبية الارض

ولكن يجب عكس توصيلة لفات عضو التوليد فى هذه الحالة والا محيت المغناطيسية بتأثير المغناطيسية المتولدة حول لفات التوالى نتيجة عكس التيار الكهربائى عند ما يدور كدينامو وتكون النتيجة عدم توليد أى قوة دفعة كهربائية أثناء عملية

(شكل ١٩٦)

القصر الموضحة والشكل ١٩٨ يبين كيفية عمل القصر للمحرك الموصل للينبوع فى شكل ١٩٧ . يلاحظ فى شكل ١٩٨ أن المحرك يدور كدينامو فيخرج تياراً بعكس التيار المستمد من الينبوع فى شكل ١٩٧ (حيث يدور فى هذا الشكل



(شكل ١٩٨)

(شكل ١٩٧)

كمحرك) ولكن اتجاه هذا التيار فى لفات عضو التوليد لم يتغير كما هو ظاهر

ثالثاً — عكس حركة القاطرة وذلك بعكس التيار المار فى الفرش وأسلاك الاستنتاج فقط كما هو مبين فى شكل ١٩٩ حيث يلاحظ

(شكل ١٩٩)

أن التيار معكوس فى الفرش وأسلاك الاستنتاج فقط وعلى ذلك تنعكس الحركة

رابعاً — عند عكس الحركة يجب توصيل جهاز مقاومات بدء الحركة وتقليل المقاومات تدريجياً كما هو الحال فى الشرط الاول

الفصل الثانى

استعمال محركين فى القاطرة

بند **١٥٣** — أما اذا كان مستعملا محركين كما هو متبع فمهمة المنظم هى

أولا — توصيل المحركين بالتوالى (اذا كان العدد اثنين وهو الغالب) ببعضهما مع مقاومات بدء الحركة . فالفلت على طرفى كل منهما أقل من نصف الفلت المستمد من الينبوع الكهربائى بمقدار ما فقد فى المقاومات

ثانياً — تقطع المقاومات تدريجياً حتى يصير الفلت على كل منهما مساوٍ لنصف الفلت المستمد من الينبوع فتكون حركة القاطرة أقصى ما يمكن على هذه التوصيلة . وشكل ٢٠٠ يبين ذلك

(شكل ٢٠٠)

ثالثاً — يوصل المحركان بالتوازى ببعضهما وفى طريقهما مقاومات بدء الحركة . فالفلت على طرفى كل منهما أقل من الفلت المستمد من الينبوع بمقدار ما فقد فى المقاومات

رابعاً — تقطع المقاومات تدريجياً حتى يصير الفلت على كل منهما مساوٍ لفلت الينبوع وبديهى أن سرعة القاطرة فى هذه الحالة تساوى ضعف سرعتها

فى الحالة الاولى لأن الفلت على طرفى كل من المحركين تضاعف . وهى أقصى سرعة ممكنة للقاطره والشكل ٢٠١ يبين ذلك

خامساً — عكس حركة المحركين وذلك بعكس التيار فى فرش ولفات عضو استنتاج

(شكل ٢٠١)

كل منها بالطريقة المتبعة بشكل ١٩٩ واتباع الطرق الاربعة السابقة فى تسيير القطار

سادساً — قطع دائرة التوصيل وعمل قصر فى المحركين ليدورا كدينامويين لعمل

(شكل ٢٠٢)

فرملة كما هو الحال فى المهمة الثالثة فى بند ١٥٣ . والشكل ٢٠٢ يبين ذلك

الفصل الثالث

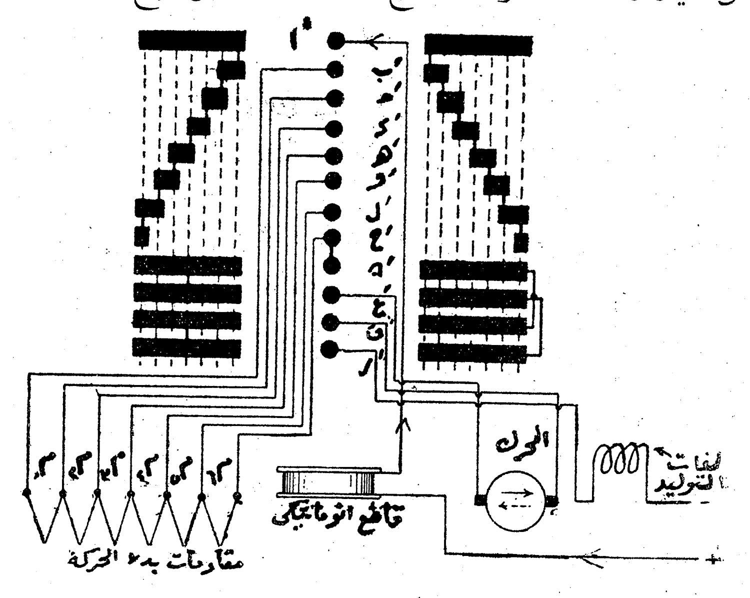
جهاز منظم حركة محرك واحد أثناء استعماله فى القاطرات

بند ١٥٤ — الشكل ٢٠٣ عبارة عن منظم حركة محرك واحد أثناء استعماله فى القاطرات الكهربائية وهو عبارة عن اسطوانة نصف محيطها ب معد لحركة المحرك فى اتجاه معاكس للاتجاه الذى يسير به بالنصف الآخر وكل منهما مثبت على سطحه قطاعات من النحاس منها ما يساوى طوله طول نصف محيط الاسطوانة مثل هـ ، حـ ومنها ما يغطى جزءاً منه مثل ل ، ع ، و .. الخ وموصلة ببعضها ولكنها تختلف فى الوضع على طول

نصف المحيط كما يلاحظ من الشكل . ومثبت فى جسم المنظم قطاعات من النحاس بارزة من الجسم بحيث تلامس أطرافها البارزة الحد الفاصل بين نصفى الاسطوانة

والشكل ٢٠٤ يبين كيفية توصيل هذا الجهاز لمقاومات بدء الحركة م$_{١}$ ، م$_{٢}$ ، م$_{٣}$. الخ وللمحرك ولفات عضو توليـــده والقاطع الاتوماتيكى لقطـع التيـار اذا زاد الحمل المحملة به القاطرة عن حده . وقد حذفنا من هذا الشكل القطاعات البارزة المبينة بشكل ٢٠٣ واكتفينا بأطرافها وهى الموصلة بالكيفية المبينـة . وقد رسمنـا نصفى الإسطوانه على يمين وعلى يسار القطاعات البارزة من الجهاز . فاذا أدرنا الاسطوانة بواسطة اليد (المبينة بشكل ٢٠٣) بحيث أن نصفها المبين على اليسار يلامس القطاعات البارزة فالمحرك يدور فى اتجاه معاكس للاتجاه الذى يدور فيه اذا حركنا اليد بحيث أن نصف الاسطوانة المبين على اليمين يلامس القطاعات البارزة . و يلاحظ أنه عند عكس الحركة ينعكس التيار فى لفات عضو الاستنتاج فقط . ومن السهل تتبع سير التيار فيه

(شكل ٢٠٣)

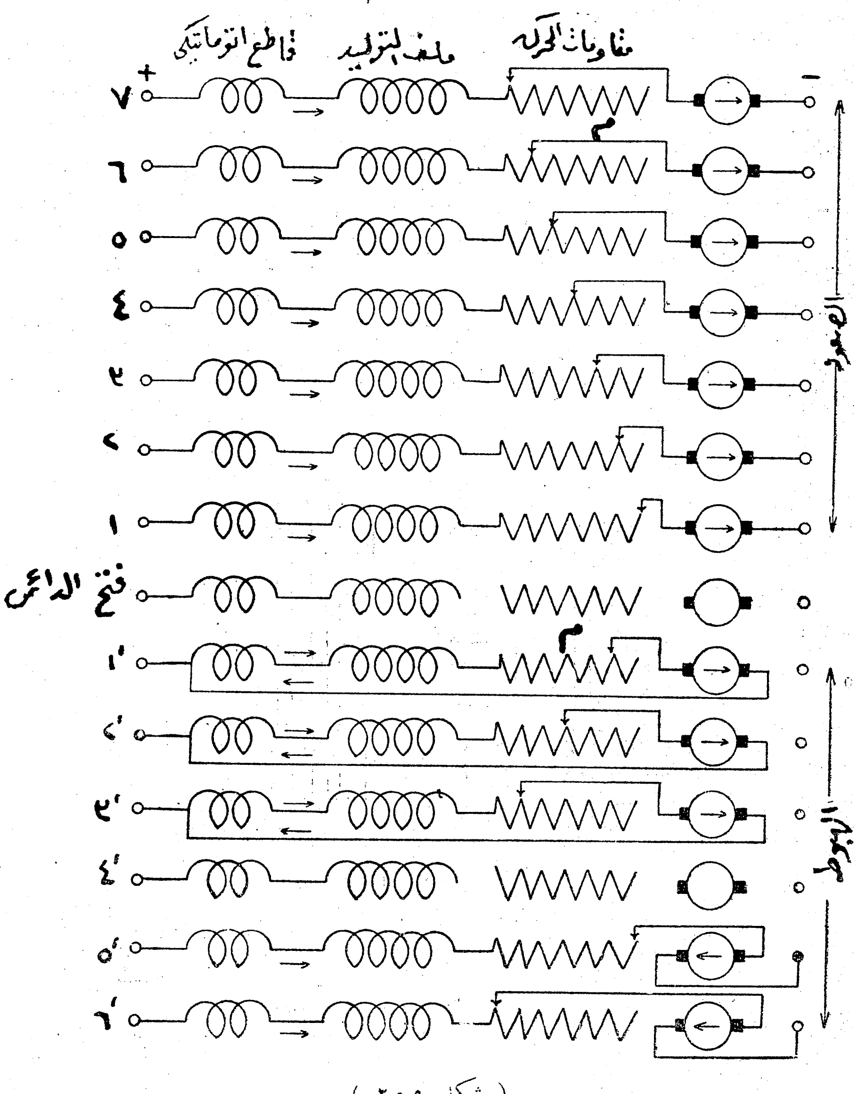


(شكل ٢٠٤)

الفصل الرابع

منظم حركة محرك توالى عند استعماله فى العيارات

بند ١٥٥ — الشكل ٢٠٥ يبين الرسم التخطيطى لدرجات هذا المنظم عند استعماله فى العيارات . فالدرجات المبينة بالرسم من ١ الى ٧ تبين درجات المنظم



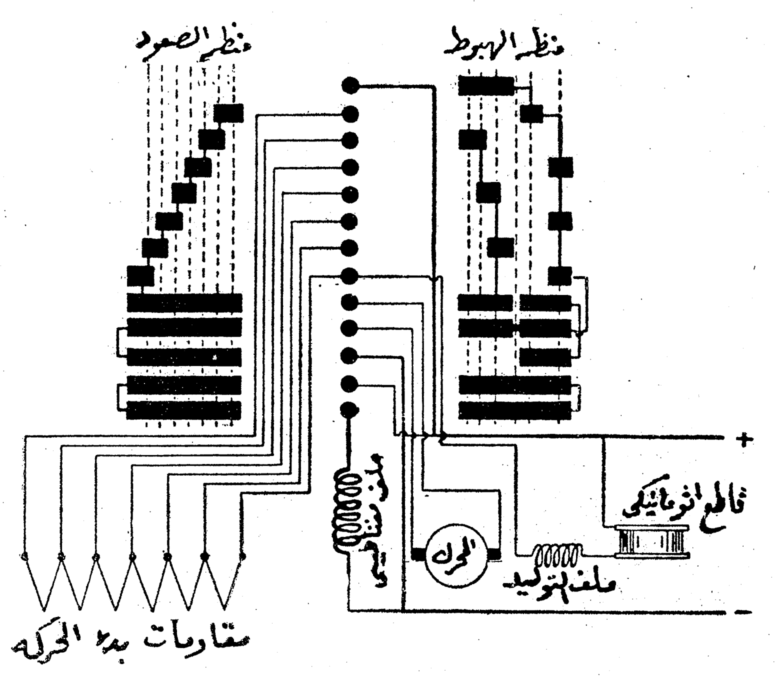
(شكل ٢٠٥)

عند الصعود بالحمل وهى لا تختلف عن درجات منظم حركة محرك القاطرة الكهربائية (ذات المحرك الواحد) من بدء حركته لاقصى سرعته

أما عند هبوط الحمل (أو العيار) فحركته ناتجة عن جاذبية الارض له أى ناتجة عن ثقله . فمهمة المنظم محصورة فى ادارة المحرك كدينامو وذلك بقطع الدائرة الكهربائية وتوصيل طرفيه ببعضهما (كما هو الحال عند نزول القاطرة الكهربائية من منحدر « بند ١٥٢ »)

فالدرجات من ١َ الى ٣َ تبين كيفية عمل المحرك كدينامو . ونلاحظ أن المقاومة م تنقص تدريجياً لتزيد القدره الفرملية ضد عجلة اندفاع الحمل

ففى الدرجة ٣َ تبلغ الفرملة أقصى ما يمكن . فالحمل ان كان خفيفاً جداً فربما أدت هذه الفرملة (نمرة ٣َ) الى ايقافه معلقاً . ففى هذه الحالة يجب توصيل المحرك للينبوع الكهربائى (ليساعد الحمل على النزول) كما هو الحال فى التصاعدى . ولكن الحركة تكون تصاعدية . اذاً يجب فى نفس الوقت عكس التيار فى لفات عضو الاستنتاج لتكون الحركة تنازلية والدرجتان ٥َ و ٦َ معدتان لذلك

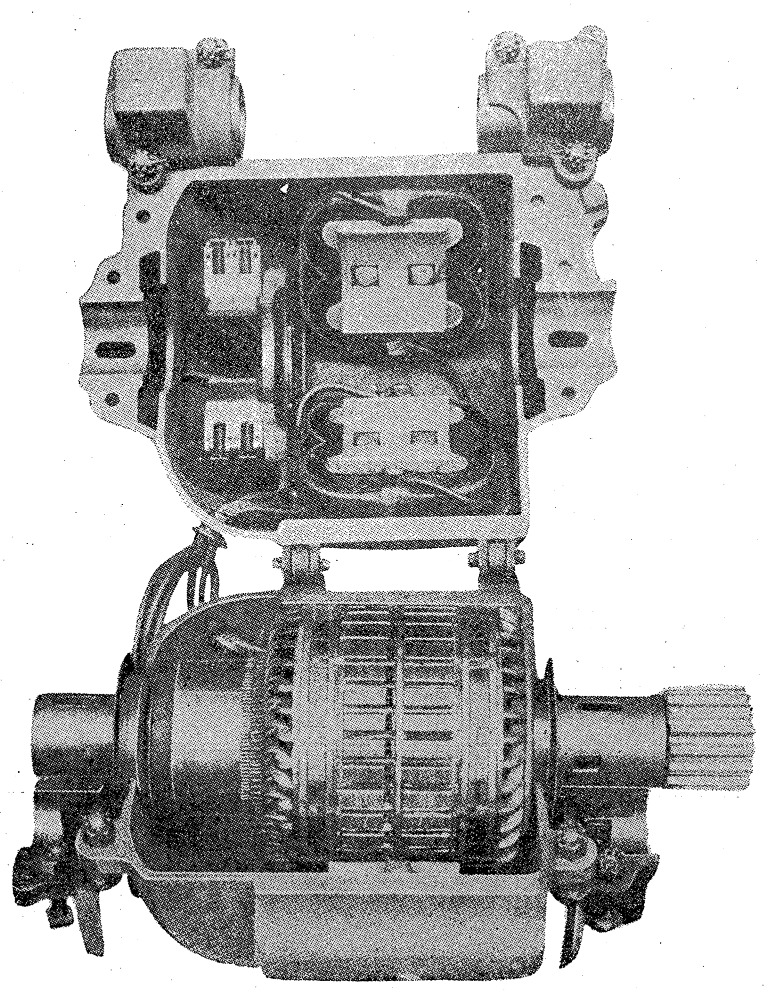


(شكل ٢٠٦)

أما اذا كان الحمل ثقيلا وقادراً على تتميم رحلته التنازلية بتأثير ثقله فتستعمل الدرجة نمرة ٤َ حيث تفتح دائرة المحرك . والشكل ٢٠٦ يبين كيفية توصيل المنظم وتركيبه كتركيب المنظم السابق (شكل ٢٠٣) من حيث القطاعات وتقسيم اسطوانته الى نصفين أحدهما للصعود والاخرى للنزول

ويمكن تتبع سير التيار الكهربائى فى كل حركة . ومهمته هى تماماً كالموضح فى الرسم التخطيطى

كيفية وضع المحركات فى القاطرة



(شكل ٢٠٧)

بند **١٥٦** — يوضع كل محرك من المحركين (ان كانت القاطرة ذات محركين) داخل علبة تبرز من داخلها أقطاب عضو التوليد كما هو مبين بالرسم الفوتوغرافى شكل **٢٠٧** . ويعشق طنبور المحرك بمحور دوران القاطرة . وتروس التعشيق مبينة بارزة من العلبة

ويوضع احدى المحركين من أمام والآخر من خلف القاطرة

تمرينات على الباب الثانى عشر

(١) ما هو نوع المحرك المستعمل فى القاطرات الكهربائية وما السبب فى استعمال هذا النوع دون غيره من المحركات

(٢) اشرح مع الرسم الطريقة الكهربائية المستعملة فى القاطرات الكهربائية لمنع القاطرة من الاندفاع عند نزولها من منحدر

(٣) كيف تعكس حركة القاطرة الكهربائية وما هى الاحتياطات اللازم عملها لتنفيذ ذلك

(٤) اشرح منظم حركة قاطرة كهربائية ذات محرك واحد

(٥) ماهى الاغراض اللازم تأديتها منظم حركة محرك معد لرفع وخفض العيارات

(٦) ارسم مع الشرح الرسم التخطيطى للمنظم المستعمل فى السؤال السابق

(٧) ارسم مع الشرح الرسم التخطيطى لمنظم حركة قاطرة ذات محركين

الباب الثالث عشر

أجهزة الأمن المستعملة لصيانة الأجهزة والدوائر الكهربائية

الفصل الأول

المصهرات

بند **١٥٧** — المصهرات هى طريقة تستعمل لحماية الدوائر الكهربائية من الخطرات الناشئة عن تزايد التيار الكهربائى عن حده الاقصى المفروض له وهى تحتوى على سلك قصير أو قطعة محمولة بين طرفين ومتصلة بالتوالى مع الدائرة أو الدوائر الكهربائية . ويختار سطح القطاع للمصهر بحيث اذا زاد التيار الكهربائى عن حده الاقصى فى الدائرة ينصهر فيقطع التيار الكهربائى قبل أن يكون هناك فرصة للتيار المتزايد لاحداث اخطار مثل الحريق أو افساد الاجهزة الرئيسية كالمصابيح فى دوائر الانارة . ومن الواضح أن المصهر اذا وصل الى درجة حرارة ثابتة فهذا يدل على أن مقدار الحرارة المتولدة فيه تساوى مقدار الحرارة المفقودة منه بطريقة التوصيل والحمل والتشعع . وبما أن مقدار الحرارة المتولدة فيه يتوقف على طبيعة سطح المصهر فكل تغيير فيه مثل وجود أوساخ عليه يؤثر على درجة حرارته وعلى ذلك يؤثر على قيمة التيار اللازمة لانصهاره وهذه القيمة أيضاً تتوقف على طول المصهر الخ

أنواع المصهرات

بند ١٥٨ — المصهرات المكشوفة أي الغير محصورة في غلاف وخطر هذا المصهر واضح خصوصاً في التيارات القوية لأن المادة الذائبة من المصهر عند انصهاره ربما انتشرت بقوة الانصهار ولو كانت بجوارها أي مادة قابلة للاحتراق أدى ذلك لحصول حريق .

المصهرات المقفولة « كلياً أو جزئياً » هي مصهرات موضوعة في غلاف من الصيني لمنع الاحتراق ولاجل التثبت من ذلك توجد مصهرات موضوعة في اسطوانة من الصيني مملوءة بمواد غير قابلة للاحتراق مثل الرمل أو الطين أو الطباشير الفرنسي وهذا لمنع حدوث أي قوس كهربائي

الأغراض المختلفة من المصهرات

بند ١٥٩ — في بعض الدوائر مثل دوائر الاضاءة مثلا يجب أن لا يكون هناك وقت بين زيادة التيار وانصهار المصهر أي أن التيار ينقطع دفعة واحدة . ولكن اذا كانت الدائرة بها محرك فالمصهر المطلوب في هذه الحالة لا يجب أن يكون من النوع السريع الانصهار بل يجب أن ينصهر ببطء .

وتتوقف سرعة الانصهار على مادة المصهر . فالمعدنين المستعملين في الحالة الاولى للتيارات الكبيرة هما النحاس والفضة

ولو أن النحاس أرخص من الفضة الا أنه قابل للتأكسد ولذلك ينكلش عند استعماله بقصدير أو فضة

أما أحسن معدن يمكن استعماله في الحالة الثانية فهو الزنك

درجة انصهار المعادن

بند ١٦٠ — تتوقف درجة انصهار السلك على نوع معدنه وشدة التيار الكهربائى فيه اللازم لحصول الانصهار وطوله . فلو فرضنا أن س أمبير شدة التيار اللازمة لانصهاره، ى = قطر السلك فقد دلت التجارب على أن السلك ينصهر اذا كانت $س = ى \times ے^{\frac{٣}{٢}}$ بفرض أن ے عدد ثابت والجدول الآتى يبين قيمة هذا العدد الثابت وهو مأخوذ من احدى المحاضرات التى القاها السير (W. W. Preece) بالجمعية الملوكية بانجلترا

المعدن	العدد الثابت حسب الوحدات المأخوذة لقطر السلك		
	القطر بالبوصة	القطر بالسنتمتر	القطر بالمليمتر
نحاس	١٠٢٤٤	٢٥٣٠	٨٠
اليومينوم	٧٥٨٥	١٨٧٣	٥٩,٢
بلاتين	٥١٧٢	١٢٧٧	٤٠,٤
فضة ألمانى	٢٥٣٠	١٢٩٢	٤٠,٨
بلاتينويد	٤٧٥٠	١١٧٣	٣٧,١
حديد	٣١٤٨	٧٧٧,٤	٢٤,٦
قصدير	١٦٤٢	٤٠٥,٥	١٢,٨
رصاص	١٣٧٩	٣٤٠,٦	١٠,٣
سبيكة من الرصاص والقصدير بنسبة ٢:١	١٣١٨	٣٢٥,٥	١٠,٨

مثال ذلك

أوجد التيار الكهربائى اللازم لانصهار سلك من النحاس قطره $\frac{١}{١٠}$ بوصة

الحل : —

العدد الثابت لانصهار النحاس الذى قطره مأخوذ بالبوصة يساوى من الجدول السابق ١٠٢٤٤

$$\therefore \text{س} = ١٠٢٤٤ \times \left(\frac{١}{١٠}\right)^{\frac{٣}{٢}} = ١٠٢٤٤ \times ١٠^{-\frac{٣}{٢}}$$

$$= ١٠٢٤٤ \times \frac{١}{٣١{,}٦} = ٣٢٤{,}١ \text{ أمبير}$$

وعادة يحدد التيـار الـكهربائى لانصهار المصهر بمقدار ٧٥ ٪ زيادة عما تحتمله الدائرة

الفصل الثانى

القواطع الاوتوماتيكية

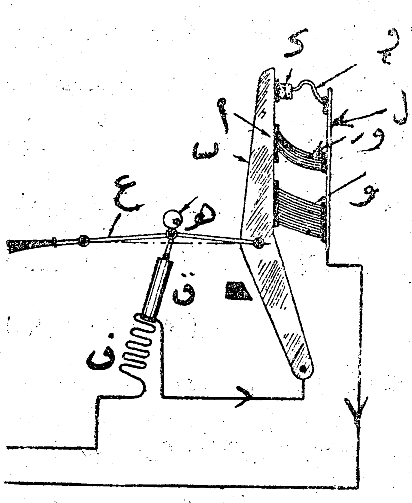
بند **١٦١** — القواطع الاوتوماتيكية هى من أهم أجهزة الأمن المستعملة فى الدوائر الـكهربائية وهى تشمل كل جهاز يصمم لقطع الدائرة الـكهربائيـة فى حالات مخصوصة لحصول قصر فى الدائرة أو لزيادة الحمل عن طاقة الديناموات المستمدة منها القدرة الـكهربائية فى الدائرة أو هبوط الحمل أقل مما يجب أو هبوط الفلت أو عكس التيار الـكهربائى

والحقيقة أن القاطع الاوتوماتيكى يقوم مقام المصهر ومفتاح التوصيلة معاً الا أنه يمتاز عن الاثنين بالسرعة سواء فى قطع أو وصل الدائرة وبذلك يمكن بواسطته تفادى أى عطل بين قطع ووصل التيار الـكهربائى . ذلك العطل الذى يكون محسوساً بين انصهار المصهر وتجديده فى كل آونة يحصل فيه زيادة فى الحمل عن طاقة المولدات . ومن مميزات القاطع الاتوماتيكى انه يمكن تصحيحه ليقوم بمهمته عند وصول الحمل لأى حد يخشى منه

وأهم أجزاء هذا الجهاز الجزء الخاص بفتح مفتاح الجهاز بطريقة اوتوماتيكية و كذلك الجزء الخاص بمنع حصول شرارة كبيرة بين وصلتى القطع الناتج عن

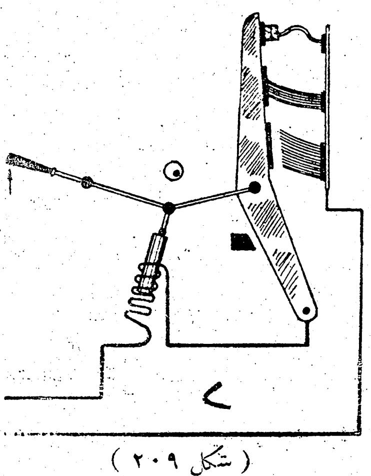
الاستنتاج الذاتى الحاصل من وجود مغناطيس كهربائى فى تصميم الجزء الاول وهذه الشرارة غير مرغوب فيها لانها تحرق نقط النحاس الرئيسية

والاشكال الاربعة المبينة (٢٠٨ — ٢١١) تبين التصميم المبدئى لقاطع اوتوماتيكى . وهى مكونة من ذراع توصيلة ب ، رافعة ع ، لفات ف وقلب من الحديد المطاوع «ق» ودائرة اكسنتريكية هـ ومثبت على لوحة من النحاس ل مواجهة للجزء الاعلى لذراع التوصيلة ب ثلاث توصيلات وهذه التوصيلات بارزة عن اللوحة بنسب مختلفة . فالتوصيلة الاولى «و» مكونة من جملة شعب متعددة من النحاس وهى التوصيلة الرئيسية والثانية « و ، » مكونة من جملة



(شكل ٢٠٨)

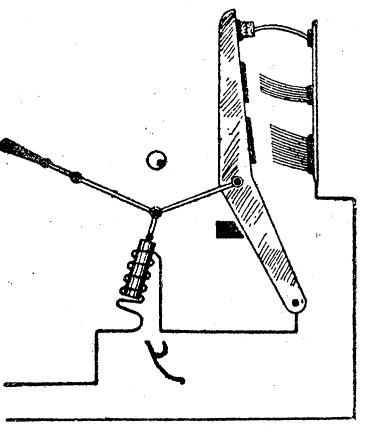
شعب أيضاً من النحاس ولكنها أقل عدداً وأطول بروزاً من الاولى فمقاومتها لمرور التيار الكهربائى أكبر من الاولى . أما الثالثة و ، فمكونة من شعبة واحدة أطول بروزاً من الثانية وتنتهى بوصلة من الكربون ى . وبما أن مقاومة الكربون لمرور التيار الكهربائى أكبر من مقاومة النحاس فالتوصيلة الثالثة مقاومتها أكبر بكثير من الثانية والاولى



(شكل ٢٠٩)

فاذا وصلنا طرف المغناطيس الكهربائى ف . وطرف اللوح النحاس ل بالتوالى مع الدائرة أو الدوائر الكهربائية أى فى طريق التيار الكهربائى . فهذا الأخير يمر من اللفات ف الى الذراع ب الى اللوحة

النحاسية «ل» عن طريق الشعب أو التوصيلات الثلاثة المبينة. والشكل ٢٠٨ يبين ذلك فالقلب الحديد ى يكون تحت تأثير قوتين مضادتين . الاولى قوة الرافعة ع حيث تعدى مركزها المفصلى محورها الافقى والثانية الجاذبية الناشئة من المغناطيسية

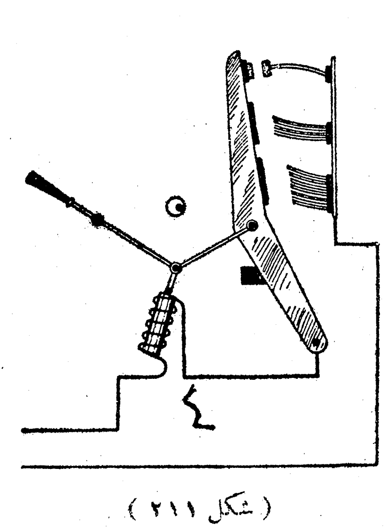


(شكل ٢١٠)

المتولدة فى قلب اللفة ف وبما أن التدفق المغناطيسى يتناسب مع أمبير لفات هذا الملف. اذاً لو زاد التيار عن حد محدود تزيد الجاذبية المغناطيسية للقلب عن قوة الرافعة المفصلية فتنفتح الدائرة كما نراه فى الاشكال الثلاثة (٢٠٩ — ٢١١)

وأول ما ينفصل من الشعب النحاسية عن ذراع التوصيلة هى التوصيلة الاولى « و » لقصرها عن الثانية والثالثة . فالمقاومة لمرور التيار تزيد فيهبط التيار الكهربائى (شكل ٢٠٩) ثم تليها التوصيلة الثانية لأنهـا أقصر من الثالثة فيقل التيار الكهربائى جداً لأن مقاومة التوصيلة الثالثة كبيرة جداً للسبب المذكور (شكل ٢١٠)

فالشرارة التى تحصل عند قطع الدائرة كلية تكون (شكل ٢١١) بسيطة جداً لاتؤثر الا على التماس الكربونى وهذا يمكن تغييره بسهولة كلما تآكل مع توالى الزمن نتيجة الحرارة المتولدة فيه



(شكل ٢١١)

والشكل ٢١٢ يبين قاطعاً أوتوماتيكياً مصمماً على هذه النظرية لشركة (westinghouse) ومبين فيه طرفا التوصيلة ى ، ى١ والشعب النحاسية (وهى مقوسة

الشكل) «حـ» والبروز النحاسى ب ؛ التماس الكربونى ا .

فاذا وصلنا التيار الكهربائى وذلك برفع اليد هـ فالتيار الكهربائى يمر من ى مثلا الى ى١ عن طريق الشعب والبروز والتماس الكربونى فاذا زاد الحمل عن حده أنتج المفتاح بتأثير مغناطيس كهربائى (وهو ظاهر فى شكل ٢١٣ ؛ ٢١٤ وتصميمه واحد فى الشكلين) فينقطع التيار الكهربائى من التماس الرئيسى حـ (وهى الشعب النحاسية) أولا ثم البروز وأخيراً التماس الكربونى

(شكل ٢١٣)

الفصل الثالث

الطريقة المغناطيسية فى اطفاء القوس الكهربائى

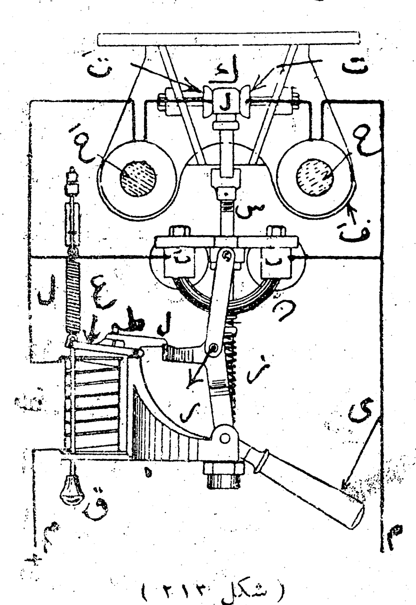
بند ١٦٢ — القوس الكهربائى يتولد بين سطحين (أو نقطتين) متلامستين يمر بينهما تيار كهربائى قوى عند ما ينفصلان لقطع هذا التيار

وهذا القوس يحصل نتيجة الاستنتاجات الذاتية المتولدة لدفع هـذا التيار الكبير ضد مقاومة الثغرة الهوائية بين سطحى التلامس عند انفصالهما

وقد دلت التجارب على أن هـذا القوس الكهربائى مثله مثل سلك يحمل تياراً كهربائياً ولذلك يمكن تطبيق قانون فرداى عليه . أى أنه اذا حصل هـذا القوس فى مساحة مغناطيسية وكان طوله عمودياً على اتجاه خطوط هذه الساحة

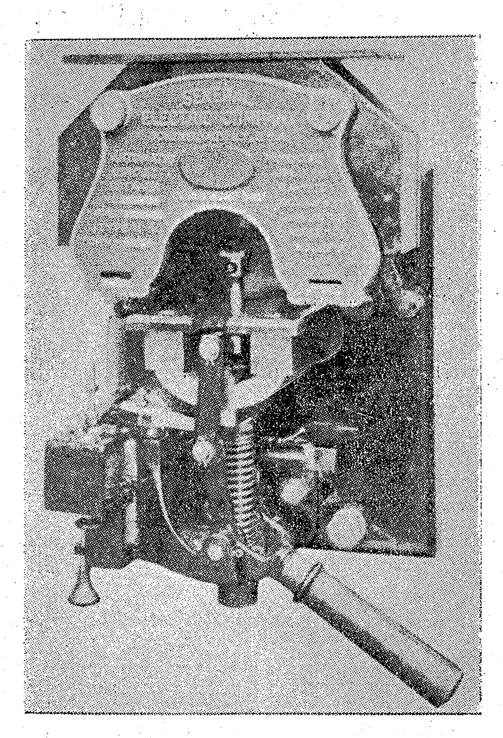
تحرك القوس فى اتجاه متعامد على اتجاه هذه الخطوط

اذاً يمكننا تجنب تأثير هذا القوس على سطحى التلامس عند انفصالهما اذا صممنا مغناطيسياً كهربائياً بحيث أن القوس يحصل فى ساحته المغناطيسية بالشروط السابقة . فحركة القوس الناتجة عن القوة المتبادلة بينه وبين خطوط قوة الساحة تقلل من كثافته فينطفىء بسرعة قبل أن يكون هناك وقت لتأثير حرارته على نقطتى (أو وصلتى) التلامس. والشكل (٢١٣ ، ٢١٤) عبارة عن قاطع اوتوماتيكى مصمم على هذه النظرية فيما يختص بتجنب تأثير القوس الكهربائى المتولد نتيجة قطع الدائرة . أما التصميم الاتوماتيكى فلا يختلف نظرياً عن التصميم فى الاشكال السابقة



(شكل ٢١٣)

والجهاز مكون من ألواح نحاسية مقوسة الشكل ن تتلامس بطرفيها بالقطعتين الموصلتين ب ، ب١ عند قفل المفتاح وهذه الالواح النحاسية



(شكل ٢١٤)

مثبتة على عمود من الصلب س ولكنها معزولة عنه وهذا العمود يتحرك بحركة رأسية (من ٤ الى ٥ سنتمتر) عند تحريك الرافعة المفصلية ر بواسطة اليد «ى»

ولقفل هذا المفتاح نضغط على اليد . ى . الى أن يصير ذراعا الرافعة المفصلية ر» على استقامة واحدة فيتحرك العمود الصلب الى أعلا ضد الزمبلك « ز » والعمود والرافعة المفصلية يمنعان من الرجوع (بتأثير قوة الزنبلك) بواسطة سقاطه «ط» تمسك من طرفها ل بطرف ذراع الرافعة المفصلية السفلى بطريق التعشيق . وهذه السقاطة مثبتة برافعة ع مستويها مواجه لسطح مغناطيس كهربائى ف . ومثبت طرف هذه الرافعة من أعلى بميزان زنبركى ومن أسفل بثقل و

أما الجهاز المعد لاطفاء القوس الكهربائى فهو عبارة عن قلبين حديديين ح ٯ ح ١ ملفوف عليهما ملف كهربائى ف ١ . وهذا الملف يوصل بالتوازى مع الدائرة الرئيسية عن طريق تلامس القطعة الكربونية ك المثبتة فى نهاية العمود س — بالوصلتين ت ٯ ت ١

والجهاز يوصل فى طريق التيار الكهربائى العمومى من الطرفين م ٯ م ١ فالتيار يمر من م ١ مثلا الى ملف المغناطيس الكهربائى ف ثم يرجع للطرف م عن طريق الالواح النحاسية ه وعن طريق الملف الكهربائى ف ١ . فالمغناطيسية المتولدة فى قلب الملف ف تجذب الرافعة ع ضد قوة الميزان الزنبركى أى أن الميزان الزنبركى معارض لقوة الثقل و وقوة مغناطيسية التيار الكهربائى فى الملف

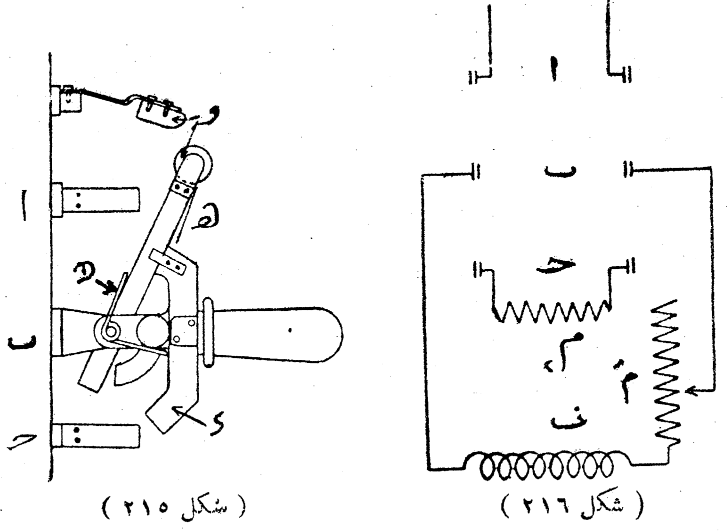
من ذلك يتضح لنا أنه يمكن بواسطة رفع وخفض موضع الميزان ان تجعل القوتين المضادتين متساويتين على أى قيمة للتيار الكهربائى بحيث لو تعدى التيار الكهربائى هذه القيمة فالقوة المضادة للميزن تزيد عن قوة هذا الاخير فتنجذب الرافعة ع الى أسفل فينفصل لسان السقاطة «ط» عن الذراع المغصلى فينفتح المفتاح بتأثير الزنبلك ز . والتصميم معمول بحيث أن الالواح النحاسية ه تنفصل عن القطعتين الموصلتين ب ٯ ب ١ قبل أن تنفصل قطعة الكربون (فى أعلا العمود الصلب) عن توصيلة الملف الكهربائى ف ١ فيتحول التيار الكهربائى

كله الى دائرة الملف الكهربائى ف ١ . فالقوس الكهربائى المتولد بعد فتح هذه الدائرة الأخيرة يطفأ بسرعة بواسطة تأثير المغناطيس الكهربائى

الفصل الرابع

قطع دائرة لفات عضو توليد دينامو

بند **١٦٣** — عرفنا فى بند ١١١ خطر قطع دائرة لفات عضو التوليد (سواء فى المحركات أو الديناموات) اذا كان الدينامو أو المحرك من نوع التوازى أو المغذى من الخارج . وقلنا أن ذلك الخطر ناشىء عن اندفاع تيار كهربائى نتيجة الاستنتاجات الذاتية (أو النفسية) المتولدة فيها عند قطع دائرته من الينبوع الكهربائى المغذى لها مما يؤدى الى حصول قوس . كهربائى بين وصلتى القطع



(شكل ٢١٥) (شكل ٢١٦)

لذلك يستعمل مفتاح لقطع التيار من مثل هذه الدوائر ومصمم بحيث أنه عند قطع التيار الخارجى يوصل طرفا اللفات ببعضها أى تقفل على نفسها فى وقت القطع فتمر التيارات المستنتجة فى دائرة اللفات و تنصرف القدرة الكهربائية المتولدة منها فى اللفات فى صورة حرارية تتشعع فى الخارج . وعلى ذلك يمكن

تجنب حدوث أى شرر أو قوس كهربائى بين وصلتى القطع

والشكل ٢١٥ يبين المستوى الجانبى لهذا المفتاح وهو مزدوج أى أن كل قطعة مبينة به يقابلها قطعة أخرى على المستوى الرأسى له فالتعشيقتان النحاسيتان البارزتان ا ، حـ يقابلهما مثلهما على المستوى الرأسى . وكذلك الساق النحاسى « هـ » والياى « ى » والتعشيقتان « و » والمنحنى النحاسى « ى »

والشكل ٢١٦ يحتوى على لفات عضو التوليد ف ومنظم الفلت المتولد مَ وطرفى اللفات « ب » (نهاية بند ٧٧) ومقاومة م٢ طرفاها « حـ » وقيمتها لا تقل عن مقاومة لفـات عضو التوليد . والاطراف المبينه ا ، ب ، حـ هى نفس الاطراف المبينة فى المفتاح (شكل ٢١٥)

أى أن الطرفين « ب » . للفات عضو التوليد يوصلان بالطرفين « ب » للمفتاح وكذلك الطرفان « حـ » للمقاومة م٢ يوصلان للطرفين « حـ » للمفتاح والطرفان « ا » يوصلان للينبوع الكهربائى المغذى لعضو التوليد

فاذا وصلنا الينبوع الكهربائى وذلك برفع ذراع التوصيلة للمفتاح فالساق النحاسى هـ يتعشق فى التعشيقتين « ا » والتعشيقتين « و » . والتعشيقتان الأخيرتان مصممتان بحيث أنهما يكونان أقوى فى مسك الساق من الياى « ى » الدافع للساق الى الخارج (ومهمة هـــذا الأخير فتح المفتاح بسرعة بتأثير أى ضغط ميكانيكى على ذراع المفتاح)

فالتيار الكهربائى يمر من أحد الطرفين « ا » الى احد الطرفين « ب » عن طريق الساق « هـ » ثم يمر بلفات عضو التوليد ف فالمقاومة مَ ومنها للطرف الثانى للينبوع « ا » عن طريق الساق الثانى « هـ » . فاذا ضغطنا على ذراع المفتاح لاسفل . فالساق هـ ينفصل عن طرفى الينبوع « ا » ولكن فى نفس الوقت تتعشق نهايتا المنحنيين النحاسيين (وهما المثبتان بالذراع كما هو مبين) بطرفى المقاومة م٢ فيمر التيار الكهربائى المستنتج نتيجة قطع الينبوع الكهربائى من أحد طرفى لفات التوليد « ب » الى المقاومة « م٢ » عن طريق أحد المنحنيين

النحاسيين « ى » ومنها للطرف الثانى « حـ » للمقاومة « م٢ » ثم الطرف الثانى « ب » للفات عضو التوليد عن الطريق المنحنى الثانى ى وهكذا . وبذلك نتجنب بهذا المفتاح حصول اى قوس كهربائى بين « هـ » و « ا » عند فصلهما لفتح المفتاح

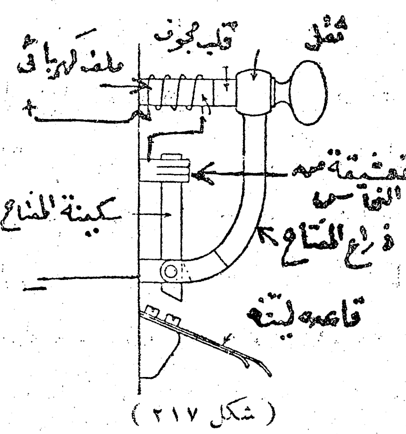
الفصل الخامس

عكس التيار الكهربائى عند شحن البطارية

بند **١٦٤** — قلنا فى بند ١٢٦ و ١٢٧ أن عكس التيار الكهربائى فى دينامو التوازى أثناء الشغل لا ينتج عنه أى خطر عليه ولذلك يستعمل فى شحن البطاريات الثانوية ولكن ذلك ليس معناه عدم الاحتياط لذلك . خصوصاً وأنه يوجد خطر عظيم على دينامو الشحن والبطارية اذا أوقفت حركته قبل فصل البطارية عنه (وكثيراً ما يحدث سهواً)

فالنتيجة أن التيار الكهربائى يندفع من البطارية للدينامو حيث لا توجد أى قوة دافعة معاكسة وبما أن المقاومات التى تعترضه بسيطة جداً سواء كانت المقاومة الداخلية للبطارية أو الدينامو . فذلك يكون بمثابة حصول قصر فى دائرة البطارية فضلا عن خطره على الدينامو نفسه

لذلك يجب توصيل قاطع اتوماتيكى لفصل الدينامو عن البطارية اتوماتيكياً عند هبوط أو عكس التيار بينهما . والشكل ٢١٧ يبين نوعاً بسيطاً من أنواع القواطع الاوتوماتيكية لهذا الغرض : وهو مركب من (١) مغناطيس كهربائى لفاته ملفوفة حول اسطوانة



(شكل ٢١٧)

مجوفة من النحاس ومتصل أحد طرفيها بأحد طرفى الدينامو وليكن الموجب مثلا والطرف الثانى للملف متصل بتعشيقة من النحاس بارزة كما هو مبين (٢) ذراع المفتاح وهو مقوس الشكل وينتهى طرفه الاعلى بثقل ببروز من الحديد يدخل فى قلب المغناطيس ويتصل طرفه الادنى بطرف البطارية الموجب (٣) سكينة المفتاح مثبت طرفها الادنى بطرف الذراع وتعشق بالتعشيقة النحاس عند قفل الدائرة (٤) قاعدة لينة لحمل الذراع عند فتح الدائرة

فعند قفل المفتاح فالتيار الكهربائى يمر من طرف الدينامو الموجب الى ملف المغناطيس الى التعشيقة النحاس الى سكينة الذراع الى الطرف الموجب للبطارية ومن السالب للبطارية للسالب للدينامو

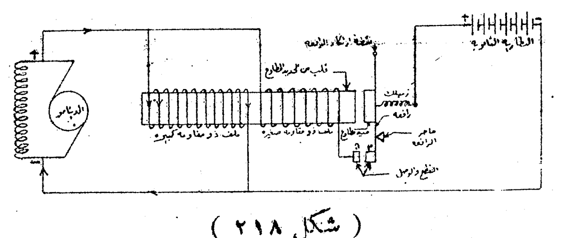
فالمغناطيسية المتولدة فى قلب الاسطوانة الملفوف عليها الملف تجذب البروز الحديدى للذراع داخل القلب ضد الثقل وبما أن هذه الجاذبية تتوقف على أمبير لفات الملف الكربائى فيمكن تصميم هـذا المفتاح بحيث أن قوة الجاذبية تقل عن الثقل عند ما تهبط الشدة لاى قيمة مرغوب فتح المفتاح فيها . حتى اذا وصل التيار الكهربائى لهذه القيمة يدفع الثقل الذراع للخارج فتترك سكينة المفتاح التعشيقة النحاس فتفتح الدائرة قبل أن ينعكس التيار الكهربائى

مفتاح لقطع ووصل الدائرة اتوماتيكيا

بند **١٦٥** — هـذه المفاتيح تمتاز عن سابقاتها بأنها مصممة ليس فقط لفتح الدائرة اتوماتيكياً بل ووصلها اتوماتيكياً عند ما يزول الخطر الذى سبب فتحها وهى تستعمل فى دوائر الانارة فى عربات القاطرات البخارية حيث الانارة الكهربائية تستمد من بطارية ثانوية ودينامو يدور بواسطة محور دوران العربة وبما أن سرعته مرتبطة بحركة القاطرة فهى غير ثابتة . وعلى ذلك فلا بد من وجود مفتاح اتوماتيكى بين البطارية والدينامو المغذى لها مهمته قطع الدينامو عن البطارية اذا قلت السرعة أو وقف القطار . ووصلها اتوماتيكياً عند بلوغ

السرعة التى تؤدى الى رفع فلت الدينامو بحيث لا ينعكس تيار البطارية فى اتجاه الدينامو والشكل ٢١٨ يبين تصميم هذا الجهاز. والاجزاء المركب منها المفتاح مبينة على الرسم بوضوح بحيث لا نحتاج لاعادة ذكر كل جزء منها. وكذلك كيفية توصيله للدينامو والبطارية

ففى بدء الامر سيمر تيار كهربائى من الدينامو للملف ذى المقاومة الكبيرة ويرجع على الطرف السالب للدينامو فالمغناطيسية المتولدة فى قلب هذه اللفات تجذب قطعة الحديد



(شكل ٢١٨)

المطاوع المتصلة بالرافعة فتتصل قطعة الحديد «م» المثبتة فى نهاية الرافعة بقطعة الحديد «ن» المثبتة فى جسم الجهاز والمتصل بها طرف الملف الثانى ذى المقاومة الصغيرة فيمر التيار الكهربائى من الدينامو بالبطارية لشحنها عن طريق هذه الملفات وقطعتى الحديد المتلامستين م و ن

فاذا انعكس التيار الكهربائى لهبوط سرعة الدينامو فالمغناطيسية حول اللفات ذى المقاومة الصغيرة تنعكس. أى تصير بعكس المغناطيسية المتولدة حول اللفات ذى المقاومة الكبيرة. وعلى ذلك تقل محصلة المغناطيسيتين فترجع الرافعة بتأثير قوة الزنبلك حيث أصبحت قوته أكبر من جذب المغناطيسية فى القلب الحديد فتنفصل قطعتا الحديد عن بعضهما وتقطع دائرة البطارية من الدينامو. واذا زادت سرعة الدينامو فالمغناطيسية الناتجة عن اللفات ذى المقاومة الكبيرة والمتصلة دائماً بطرفى الدينامو ستزيد. والجهاز مصمم بحيث أن أمبير لفات هذا الملف الاخير تزيد قوة مغناطيسيتها على قوة الزنبلك عندما يصل فلت الدينامو لقيمته القانونية

اذاً عندما يصل الدينامو لسرعته وقوته الدافعة القانونيتين سيجذب القلب قطعة الحديد وتتصل البطارية بالدينامو

الفصل السادس

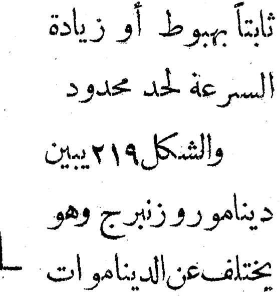
الديناموات المستعملة فى عربات القاطرات البخارية لقصد الانارة

بند **١٦٦** — قلنا فى بند **١٦٥** أن عربات القاطرات تنار بواسطة بطارية ثانوية ودينامو موضوع فى أسفل العربة وموصل بالطريقة المبينه بشكل **٢١٨** و ا أن حركة القاطرة غير ثابتة وليست فى اتجاه واحد بل متغيرة الاتجاه وبالتالى سرعة الدينامو تكون غير ثابتة ومتغيرة الاتجاه لأنه مرتبط فى حركته مع محور العربة المعشق به

اذاً يجب مراعاة ذلك فى دائرة البطارية والدينامو عندتوصيلهما لهذا الغرض

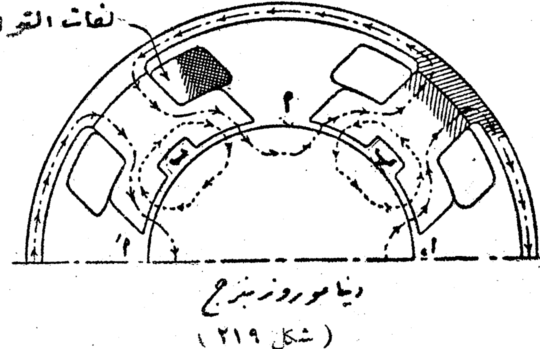
وقد اخترع روزنبرج دينامو يمتاز عن الديناموات الأخرى بعاملين الاول أن قوته الدافعة لا تنعكس بانعكاس حركته والثانى أن التيار الكهربائى المستمد منه لحمل ما يبقى ثابتاً مع هبوط سرعته لحد محدود يتوقف على تصميمه

وبديهى أن هاتين الميزتين يجعلانه أصلح من غيره فى الاستعمال فى مثل الدوائر السابقة لأنه يوفر كثيراً من النفقات اللازمة لتفادى تأثير عكس القوة الدافعة فى الديناموات الاخرى اذا استعملت مكانه . فضلاعما يلزم من التصميمات لجعل التيار الكهربائى المستمد من الدينامو للانارة (وشحن البطارية الثانوية)



ثابتاً بهبوط أو زيادة السرعة لحد محدود

والشكل ٢١٩ يبين دينامو روزنبرج وهو يختلف عن الديناموات المعروفة فيما يختص



دينامو روزنبرج
(شكل ٢١٩)

بمساحة مقطع حامل الاقطاب ومساحة مقطع قلب القطب حيث نلاحظ أنهما رفيعان ما أمكن . فقيمة التدفق المغناطيسى المتولد فيهما على درجة التشبع أقل بكثير من قيمتها فى الديناموات الاخرى على نفس الدرجة

ولتوصيل هذا النوع يعمل قصر فى الفرش الاصلية « ١ ، ١' ، ١ ، ١٢ . الخ » أى الموضوعة فى مناطق الحياد النظرية (وهى التى توصل للدوائر الخارجية فى الديناموات الاخرى) . ولا خطر من هذا القصر فى هذا النوع لأن التيار الكهربائى يكون بسيطاً لضعف التدفق المغناطيسى المتولد فى الاقطاب

أما دائرة الحمل فتوصل بالفرش ب ، ب١ . . الخ الموضوعة على قطاعات عضو التوليد المتصلة بلفات عضو الاستنتاج المواجهة لمنتصف الاقطاب كما فى الشكل . وتوصل لفات عضو التوليد على طرفى البطارية الثانوية. فقبل عمل قصر فى الفرش ١ ، ١١ . . . الخ ففرق الجهد بين الفرش ب ، ب١ . الخ = صفراً أى لا يمر أى تيار عند توصيل الدائرة الخارجية لها (راجع شكل ٨٢ ، ٨٦) . أما بعد عمل القصر فرد فعل عضو الاستنتاج الناتج عن مغناطيسية تيار القصر يؤثر على مغناطيسية عضو التوليد . فمحصلتهما تنحرف فى اتجاه الحركة (الباب الرابع) . أى أن منطقة الحياد العملية تنتقل من موضعها النظرى فى ناحية الدوران فتتولد قوة دافعة كهربائية بين الفرش ب ، ب١ . . . الخ بنسبة هذه المحصلة المغناطيسية

فالتيار الكهربائى الخارج فى الدائرة الخارجية ناتج عن هذه المحصلة المغناطيسية وليس ناتجاً عن التدفق المغناطيسى الاصلى فى الاقطاب وبما أن عكس حركة الدينامو سينشأ عنه عكس تأثير رد فعل عضو الاستنتاج . أى أن التدفق المغناطيسى الناتج عن محصلة المغناطيسيتين سينعكس

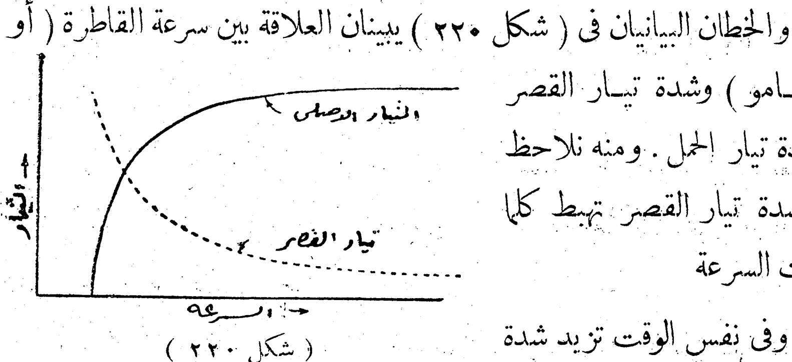
وبما أن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة تتناسب مع التدفق ت × السرعة (بند ٥١)

اذاً لا تعكس القوة الدافعة بعكس السرعة وهو المطلوب

قلنا فى البـاب الرابع أن رد فعل عضو الاستنتاج يضعف من مغناطيسية عضو التوليد

لذلك اذا قلت السرعة لحدما يقل تأثير رد فعل عضو الاستنتاج فتزيد مغناطيسية عضو التوليد فترتفع القوة الدافعة قليـلا وعلى ذلك تصير شدة التيار ثابتـة . ولـكن ذلك لحد محدود . لأن السرعة اذا هبطت لدرجة أن هبوط القوة الدافعة الناشىء عن ذلك يكون أكبر من الزيادة الناشئة عن زيادة التدفق المغناطيسى فالنتيجة أن القوة الدافعة تهبط وكذلك شدة التيار

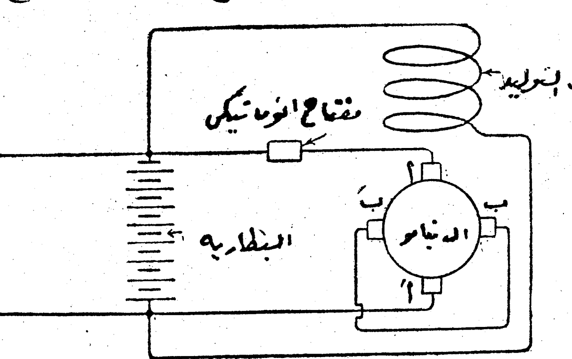
والخطان البيانيان فى (شكل ٢٢٠) يبينان العلاقة بين سرعة القاطرة (أو الدينـامو) وشدة تيـار القصر وشدة تيار الحمل . ومنه نلاحظ أن شدة تيار القصر تهبط كلما زادت السرعة



(شكل ٢٢٠)

وفى نفس الوقت تزيد شدة تيار الحمل . ونلاحظ أنه يوجد على منحنى تيار الحمل حدان لأقصى سرعة وأقلها يكون تيار الحمل فيه ثابتاً

والشكل ٢٢١ يبين كيفية توصيل دينـامو روزنبرج بالبطارية والقاطع الاوتوماتيكى (شكل ٢١٨) . ونلاحظ أن لفـات عضو التوليد متصـــلة على طرفى البطارية كما قلنا . فأمبير لفات عضو التوليد تكون ثابتة مادام ضغط البطارية ثابتاً



توصيله دينامو الانارة لعربات القاطرات [illegible]

(شكل ٢٢١)

تمرينات على الباب الثالث عشر

(١) ما هو الغرض من المصهرات فى الدوائر الكهربائية وما هو نوع المعدن أو المعادن التى تصلح لذلك وما هى الاحتياطات اللازم اتخاذها لتلافى خطر انصهار المصهر

(٢) أوجد التيار الكهربائى اللازم لانصهار سلك من النحاس قطره $\frac{1}{8}$ بوصة (راجع الجدول المبين ببند ١٦٠)

(٣) اشرح مع الرسم قاطعاً اتوماتيكياً لقطع التيار الكهربائى اذا زاد عن حده المسموح

(٤) اشرح مع الرسم مفتاحاً اتوماتيكياً لقطع دائرة التوصيل اذا انعكس التيار الكهربائى عن اتجاهه وآخر لفتح وقفل الدائرة اتوماتيكياً وعين أهم الدوائر التى يستعمل فيها هذا النوع الأخير

(٥) اشرح نظرية الدينامو المستعمل لانارة عربات القاطرات البخارية وامتيازه عن الدينامو ات الأخرى

الباب الرابع عشر

الموصلات ولوحة التوزيع

الفصل الأول

الموصلات

بند **١٦٧** — كل الموصلات الكهربائية لها مقاومات معينة تتوقف على نوع معدنها وطولها وسطح قطاعها. فاذا مر تيار كهربائى فيها فان جزءاً من الطاقة الكهربائية تصرف فيها حيث تتغير الى صورة حرارية بنسبة $ت^{٢}$ م فترتفع درجة حرارة الموصلات تدريجياً حتى تتساوى نسبة تولد الحرارة مع نسبة مفقودها بطريق التشعع وفى هذه الحالة تبقى درجة الحرارة ثابتة اذا لم تتغير شدة التيار

ويتوقف ارتفاع درجة حرارة الموصل الذى يمر فيه تيار ثابت الشدة على :

(١) مقاومته الكهربائية

(٢) طبيعة سطحه المتشعع منه الحرارة

(٣) طبيعة الوسط المحيط بالموصل من حيث مادته وحالته

وعاده يستعمل النحاس فى الموصلات اللازمة لنقل الطاقة الكهربائية وذلك لقلة مقاومته النوعية ولو أنه فى حالات مخصوصة يستعمل الاليومنيوم والحديد فى الموصلات الجوية

والنحاس المستعمل يستخرج من المعادن الاخرى أما بواسطة الانصهار بالحرارة أو بطريقة الرسوب الكهربائى ويفضل دائماً فى الدوائر العملية استعمال

النحاس المستخرج بالطريقة الاولى ولو أن الطريقة الثانية أقل تكاليفاً من الاولى الا أن النحاس المستخرج بها لا يخلو من معادن غريبة ترفع من مقاومته

أما تشعع الحرارة فيتوقف على حالة السطح من حيث لونه وملمسه. فالسطح الاسود وذات الملمس الخشن يشعع الحرارة بنسبة ضعف الحرارة المتشععة من ذات الملمس الناعم وبنفس اللون . وقد رأى الاستاذ فوربس Forbos أن الجتة بتشة Cotta-Pecha يشعع الحرارة أحسن من الكاوتش Rubber بنسبة ٤٨ . ٤١

مساحة مقطع موصلات النحاس

بند **١٦٨** — مساحة مقطع موصلات النحاس اللازمة لنقل التيار الكهربائى تتوقف على : —

(١) المفقود فى الموصل فى المانة المسموح به

(٢) أقصى درجة للحرارة المسموح للموصل لوصولها .

وقد أشارت جمعية المهندسين الانجليزية باستعمال القانون الآتى لايجاد مساحة الموصل

$$س = ٢,٦ \times ن^{٠,٨٢}$$

س = شدة التيار بالامبير ، ن = سطح القطاع بالبوصة المربعة. وبهذه المعادلة أمكن تحديد درجة الحرارة النهائية الى ١٧° مئوى

وأما فى الدوائر العملية فان المهندسين وجدوا أنه يمكن تحديد كثافة التيار الكهربائى فى الموصلات الى ١٥٥ أمبير للسنتيمتر المربع أو ١٠٠٠ أمبير للبوصة المربعة من سطح القطاع . أى أن مفقود القوة الدافعة فى الاسلاك = ٢,٥ فلت لكل ١٠٠ متر طولى

مثال ذلك

المطلوب ايجاد مساحة مقطع الموصل اللازم لتوصيل مجموعة مصابيح

كهربائية عددها ٢٠٠ مصباح والضغط اللازم لكل منها ٢٣٠ فلت والقدرة اللازمة لكل مصباح ٦٠ وات . اذا كانت المسافة بين مجموعة المصابيح والينبوع الكهربائى ١٠٠ متراً . مع العلم بأنه لا يسمح بأكثر من ٢,٥ ٪ من الضغط المطلوب على طرفى المصابيح ليفقد فى الموصل

الحل

$$\text{شدة التيار فى الموصل} = \frac{\text{٢٠٠ مصباح} \times \text{٦٠ وات}}{\text{٢٣٠ فلت}} = \text{٥٢ أمبير}$$

$$\text{مفقود القوة الدافعة فى الموصل} = ٢,٥ \times \frac{٢٣٠}{١٠٠} = \text{٥,٧٥ فلت}$$

$$\text{مقاومة الموصل} = \frac{٥,٧٥}{٥٢} = ١١,^{\Omega}$$

$$\text{مساحة مقطع الموصل} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول الموصل}}{\text{مقاومة الموصل}}$$

المقاومة النوعية للنحاس $= ١,٦ \times ١٠^{-٦}$ أوم لكل سنتم مكعب

وطول الموصل $= ١٠٠ \times ٢ = ٢٠٠$ متراً $= ٢ \times ١٠^{٤}$ سنتمتر

$$\therefore \text{مساحة مقطع الموصل} = \frac{١,٦ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{٤}}{١١,}$$

$= ٢٩,$ سنتم مربع

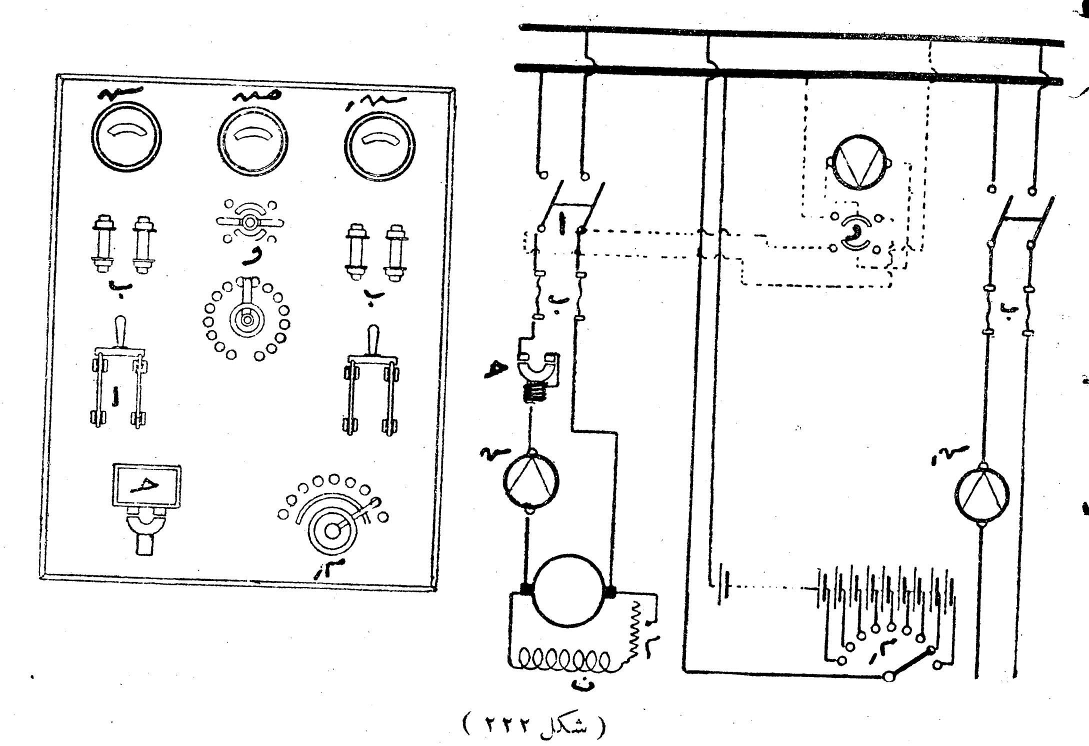
الفصل الثاني

لوحة التوزيع

بند **١٦٩** — الغرض من لوحة التوزيع فى المحطات الكهربائية هو جمع التوصيلات المتفرعة من الينبوع الرئيسى أو الفرعى فى لوحة واحدة قبل توزيعها للاحمال فى الخارج وتثبيت الاجهزة اللازمة من مفاتيح (اتوماتيكية وغير اتوماتيكية رئيسية أو فرعية) ومصهرات رئيسية أو فرعية . وأجهزة القياس ومنظمات الفلت . . الخ . وتثبت جميعها على لوحة من الرخام وتنظم فى موضعها بحيث أن أجهزة القياس مثل الفلتمتر والاميرومتر وعداد الشغل توضع فى اعلا اللوحة لان المهندس المختص يحتاج للوصول اليها بنظره فقط . وتليها القواطع الاتوماتيكية ثم المصهرات بحيث يتثنى للمهندس الوصول اليها بيديه اذا ما احتاج الأمر لذلك ويلى تلك القواطع والمصهرات المفاتيح الرئيسية والفرعية ثم منظمات الفلت

وجميع هذه الاجهزة توصل من خلف لوحة التوزيع بالينبوع أو الينابيع الكهربائية كل حسب وظيفته

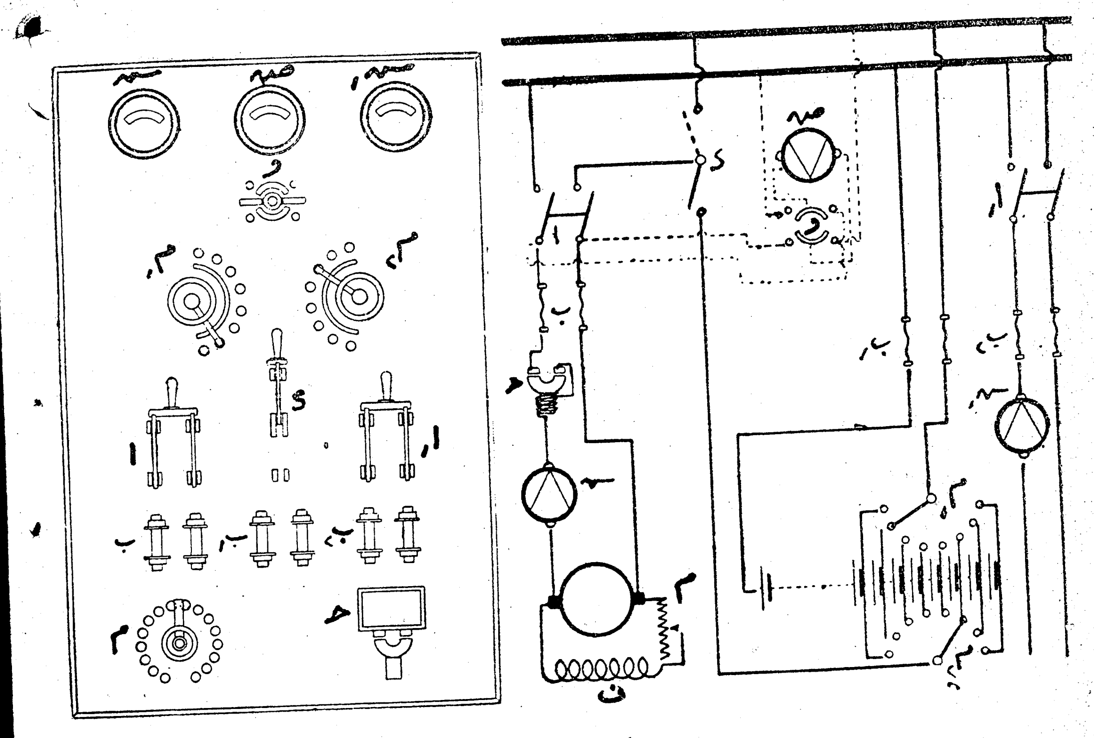
والاشكال المرسومة (٢٢٢ — ٢٢٥) عبارة عن محطات كهربائية مبين فيها كيفية توزيع الأسلاك الرئيسية والفرعية والاجهزة اللازمة وكيفية ترتيبها على الواح التوزيع المختصة بها . وكل شكل مبين تحته اسم كل جزء ونوع التوصيلات بحيث يتثنى فهمها بسهولة



(شكل ٢٢٢)

تفاصيل توصيلات لوحة توزيع لمشروع بسيط للانارة ببطارية ذات منظم من ناحية واحدة

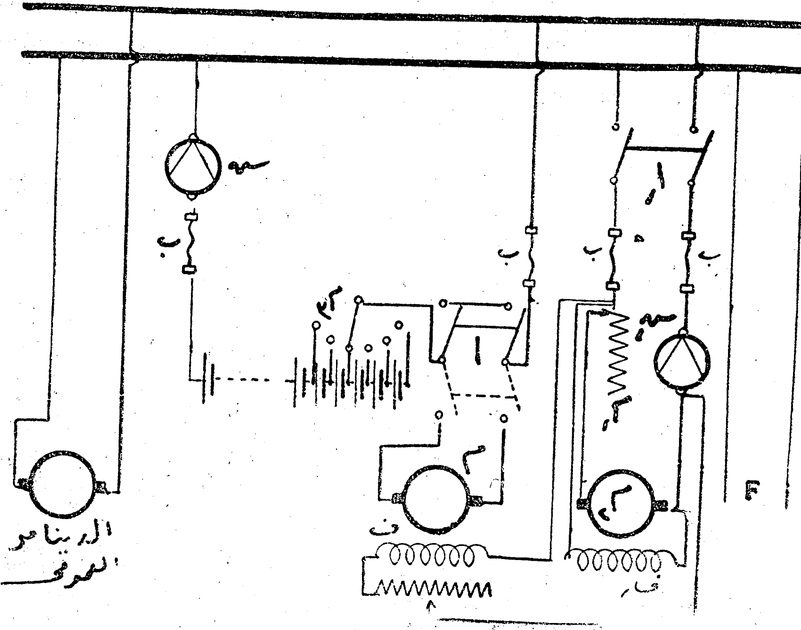
ف — لفات عضو توليد الدينامو العمومى وهو دينامو توازى (كما هو ظاهر) ، م — منظم فلت الدينامو العمومى ، س — أمبيرومتر الدينامو ، ح — قاطع اتوماتيكى ، ب — المصهرات ، ا — مفتاح التوصيلة الرئيسى ، و — مفتاح لتوصيل الفلتمتر على طرفى الدينامو أو على طرفى السلكين الرئيسيين (وهما المبينين بالخطين السميكين) ، و١ مفتاح السلكين الفرعيين ، س١ — أمبير ومتر الدائرة الفرعية ، م١ — مفتاح الاعمدة الاحتياطية (شكل ١٩٥)



(شكل ٢٢٣)

تفاصيل توصيلات لوحة توزيع كالسابقة غير أن منظم فلت البطارية من ناحيتين

ف — لفات توليد (أو تنبيه) الدينامو العمومى ، م — منظم فلت الدينامو ، س — أمبير ومتر لقراءة شدة تيار الدينامو ، ح — قاطع اتوماتيكى ، ب — مصهر لتيار الدينامو ، ا — المفتاح العمومى ، ى — مفتاح فردى بطريقين لشحن أو تفريغ البطارية ، ص — فلتمتر لقراءة الضغط على الحمل أو القوة الدافعة للدينامو وذلك حسب توصيل المفتاح و ، م١ منظم فلت تفريغ البطارية ، م٢ — منظم فلت شحن البطارية ، ب١ مصهر دائرة تفريغ البطارية ، ا١ — مفتاح دائرة الحمل ، ب٢ — مصهر دائرة الحمل ، س١ — أمبيرومتر الحمل



(شكل ٢٢٤)

تفاصيل توصيلات لوحة توزيع للانارة بمنظم بطارية من ناحية واحدة مضافاً اليها دينامو مساعد

س — أمبيرومتر لقراءة تيار الشحن أو التفريغ للبطارية الثانوية

ب — رمز للمصهرات فى دوائر البطارية والدينامو المساعد والمحرك

م٣ — مفتاح الاعمدة الاحتياطية (شكل ١٩٥)

١ — مفتاح بطريقين لتوصيل الدينامو المساعد «م» بالبطارية أثناء الشحن وفصله أثناء التفريغ

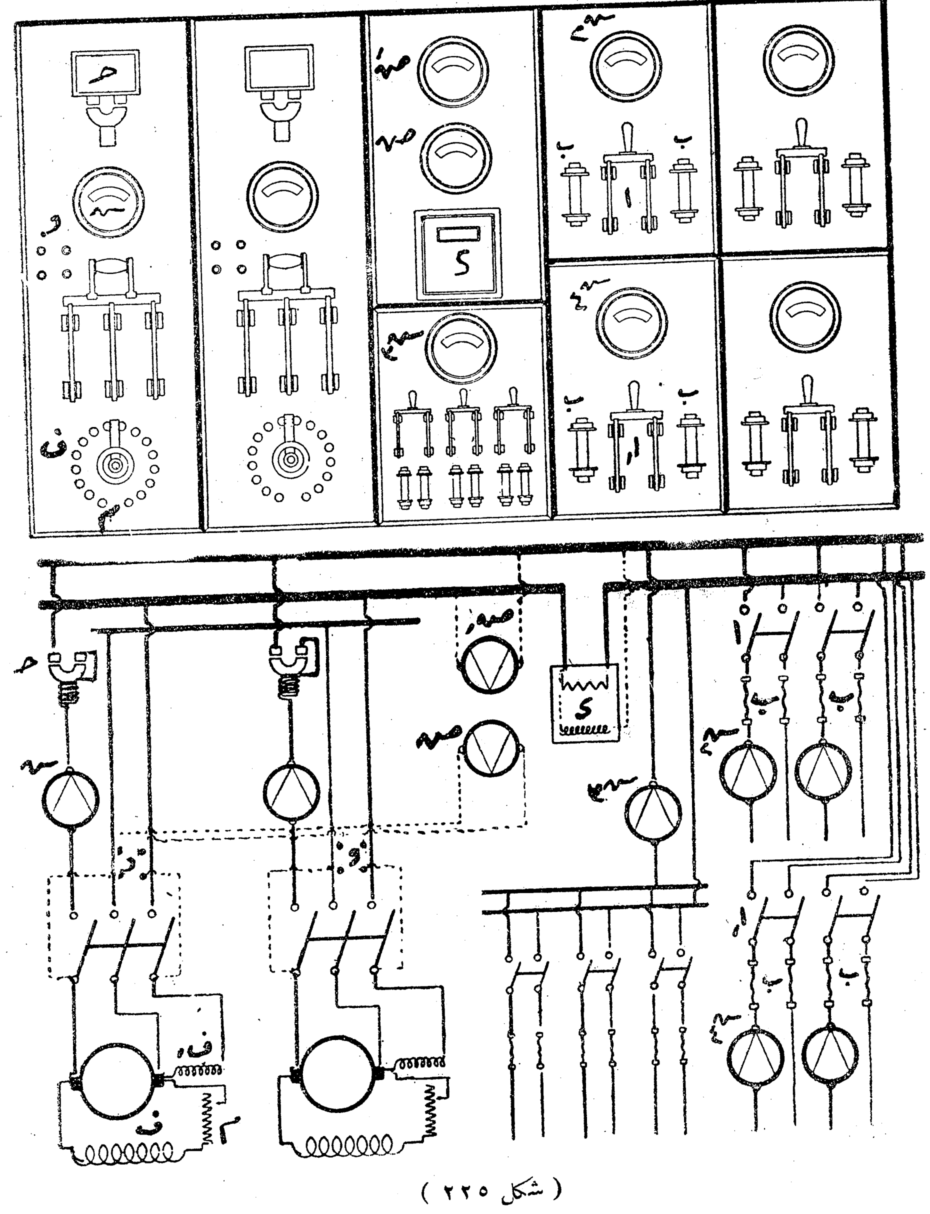
ف — لفات عضو توليد الدينامو المساعد

م٢ — محرك الدينامو المساعد (وهو يستمد الحركة من السلكين الرئيسيين الموصلين للدينامو العمومى) وهو معشق به

ف١ — لفات عضو توليد المحرك

م١ — مقاومات بدء حركة المحرك

س١ — أمبير ومتر لقراءة التيار فى لفات عضو توليد (أو تنبيه) المساعد وسلكا الدوائر الخارجية مبينان على يمين دائرة المحرك



(شكل ٢٢٥)

لوحة توزيع على ديناموين مركبين للانارة والحركه

ف — لفات التوازى للدينامو ، م — منظم الفلت ، ف، — لفات التوالى

والسلك الوسط من الثلاثة أسلاك المتفرعة من الدينامو الاول موصل بما يقابله من الدينامو الثانى بسلك التعادل ؛ س — أمبير ومتر الدينامو ؛ ح — قاطع اتوماتيكى ؛ و — مفتاح توصيل الفلتمتر ص لقراءة القوة الدافعة للدينامو الاول ؛ و١ — مفتاح توصيل الفلتمتر ص لقراءة القوة الدافعة للدينامو الثانى ؛ ص١ — فلتمتر لقراءة الضغط على طرفى الاحمال ؛ ى — عداد لقراءة الشغل الكهربائى ؛ س٢ ؛ س٤ أمبيرومترات لقراءة شدة تيار الحركة فى دوائر مختلفة ؛ ب ؛ ا ؛ ا١ مصهرات ومفاتيح هذه الدوائر ؛ س٣ أمبيرومتر شدة تيار الانارة

الباب الخامس عشر

خلل الآلات الكهربائية وسببه وكيفية تصليحه

الفصل الأول

الديناموات

بند **١٧٠** (١) — الخلل : الدينامو يدور بأكبر سرعة وغير متصل بالدائرة الخارجية ومع ذلك فالضغط الكهربائى على الفرش صفر

السبب : فقد المغناطيسية الباقية فى عضو التوليد من اهتزازات قوية أو محوها بمرور تيار التغذية فى ملف العضو فى اتجاه معاكس للمغناطيسية الباقية وكان الدينامو من النوع المغذى نفسه

التصليح : وصل تياراً من ينبوع خارجى كآلة أخرى أو بطارية مكثفة فى ملف عضو التوليد فيتمغطس العضو . واذا لم ينجح ذلك اعكس سير التيار فى الملف أو قو شدة التيار المار

٢ — الخلل : الدينامو يدور بأكبر سرعة وانما لا يعطى أى فلت ولكن عند تحريك الفرش يبتدىء الدينامو فى تغذية نفسه .

السبب : الفرش غير موضوعة فى موضعها الصحيح

التصليح : على العموم فلت الدينامو عند عدم وجود أى حمل يكون صغيراً كلما بعدت الفرش عن موضعها الصحيح . اذاً يجب تحريك الفرش حتى يعطى الفلتمتر اكبر قراءة .

٣ — الخلل : الدينامو يدور باكبر سرعة وانما فلته صغير ومتغير واذا ضغط

على الفرش لأسفل يبتدىء الدينامو فى تغذية نفسه .

السبب : رداءة الاتصال بين الفرش وعضو التوحيد

التصليح : الميكا أحسن المواد العازلة ولا عيب فيها غير أنها أكثر صلابة من النحاس الاحمر فلا تتآكل بسرعة كقطاعات عضو التوحيد ولذلك بعد مدة تصير بارزة . فعند حصول ذلك ترفع طبقة خفيفة من سطح عضو التوزيع بواسطة المخرطة .

ملحوظة : (لا تستعمل الصنفرة فقط فى ازالة الميكا الزائدة لأنها لا تؤثر فيها بل تأكل من نحاس القطاعات)

٤ — الخلل : دينامو التوازى لا يغذى نفسه تماماً الا اذا ازدادت شرعته أو صغرت مقاومة دائرة ملف عضو التوليد

السبب : سرعة الدوران قليلة أو مقاومة دائرة التغذية كبيرة

التصليح : تغذية دينامو التوازى لنفسه يتعلق على حالتين

ا — أن يكون موجود مغناطيسية باقية

ب — أن لا تكون مقاومة التغذية كبيرة بالنسبة للسرعة المقررة له والا يقف الدينامو عن تغذية نفسه .

وقد تكبر مقاومة دائرة التغذية اذا حصل فيها قطع أو كان فيها اتصالات رديئة غير تامة وهذا مما يسهل معرفته وتصليحه . وفى حالة ما تكون المقاومة كبيرة جداً يستحسن عمل قصر فى دائرتها فى بدء العمل الى أن تتم التغذية ثم توضع فيها المقاومة الضرورية لاعطاء الفلت الحقيقى أو تزاد السرعة ان كانت منخفضة

٥ — الخلل . الدينامو لا يعطى أى فلت وعند تغذيته من ينبوع كهربائى خارجى يحدث شرر كثير فى الفرش ويمر تيار شديد فى عضو الاستنتاج ينتج منه ارتفاع درجة حرارة العضو ارتفاعاً كبيراً .

السبب . قصر فى دائرة الموصلات العمومية أو القضبان (قطاعات التوحيد) متصلة بالأرض .

التصليح . يبحث عن موضع القصر أو الاتصال بالارض « وذلك بجهاز الميجر » ويلاحظ أنه اذا أدرنا محركاً من تيار خارج من الدينامو السابق ثم أوقفنا هذا المحرك بواسطة مفتاح التوصيل العمومى فكثيراً لا يرجع منظم بدء الحركة لموضعه الاصلى ويتسبب من ذلك حصول قصر فى المحرك

فاذا أعيد ادارته بقفل المفتاح العمومى فلا يتولد أى فلت فى الدينامو التوازى الا ما تولد من المغناطيسية الباقية فعلى ذلك يلزم أن يكون منظم بدء الحركة اتوماتيكياً أى أنه يشتغل بنفسه ويرجع لموضعه الاصلى عند ما ينخفض الفلت لمقدار معلوم .

٦ — الخلل . الدينامو لا يعطى أى فلت وعند تغذيته من تيار خارجى لا يصل فلته للمقدار الحقيقى .

السبب . قصر فى دائرة عضو الاستنتاج

التصليح . لايجاد القصر طريقتان

ا — إما أن يغذى الدينامو من تيار خارجى ويدار مدة دقيقة أو اثنين ثم يلمس سطح عضو الاستنتاج باليد فالجزء الذى تظهر فيه حرارة أكثر من الباقى يكون القصر فيه

ب — وإما أن نوصل فرشتى الدينامو بتيار خارجى ضغطه يختلف من ٥ الى ١٠ ٪ من ضغط الدينامو ثم نبحث عن الفلت « بواسطة فلتمتر » بين كل قطاعين من قطاعات عضو التوحيد . فالقطاعان اللذان يكون الفلت بينهما صفراً يكون القصر بينهما

ومتى عرف موضع القصر يصلح ان أمكن أو بغير لف عضو الاستنتاج

التسخين الزائد الذى يحدث فى عضو الاستنتاج

بند ١٧١ — الخلل . درجة حرارة عضو التوليد عادية وانما درجة حرارة جميع أجزاء عضو الاستنتاج مرتفعة كثيراً مع وجود شرر فى الفرش

السبب . الآلة محملة زيادة عن طاقتها

التصليح . خفف الحمل

٨ — الخلل . ملفات عضو الاستنتاج ساخنة بانتظام ولا يوجد أثر للشرر

السبب — وضع الفرش غير صحيح .

التصليح — فى بعض الآلات وضع الفرش فى غير محله الصحيح لا يسبب شرراً بل ارتفاعاً فى درجة حرارة عضو الاستنتاج فلاجتناب ذلك يغير وضع الفرش

٩ — الخلل . وجود تيار شديد فى الدينامو وهو غير محمل مع تساوى درجة حرارة لفات عضو الاستنتاج .

السبب — عكس اتصال فى ملف أو أكثر من عضو الاستنتاج بسبب تيارات داخلية تمر داخل العضو .

التصليح — نوصل تياراً (من بطارية مثلا) الى كل لفة من لفات عضو الاستنتاج ثم بواسطة ابرة بوصلة توضع فوق كل لفة يمكن تعيين الملف المعكوس بناء على تجربة أورستيد فيصلح بعكس اتصاله مع عضو التوحيد

١٠ — الخلل . الآلة غير محملة ومع كل فعضو الاستنتاج يحتاج لقوة كبيرة لادارته وتخرج منه رائحة

السبب — وجود رطوبة فى ملفات العضو

التصليح — يمكن تجفيف أعضاء الاستنتاج بوضعها فى شمس قوية مدة تختلف من ٢٠ الى ٤٠ ساعة أو بادارة الآلة ان كانت دينامو بسرعة متوسطة مع جعل تيار التغذية صغيراً بنسبة $\frac{١}{١٠}$ و $\frac{١}{٢٠}$ من التيار المعتاد وذلك بادخال

مقاومة كبيرة فى دائرة التوازى ثم بعد ذلك نوصل الفرشتين بامبيرومتر ومقاومة منظمة لتنظيم التيار المار وجعله يزيد عن مقداره القانونى بمقدار ٥٠ ٪ أو ١٠٠ ٪ وأما اذا كانت الآلة محركا فيرسل لها تيار ضغطه ١٠٪ من الضغط المعتاد وذلك بعد فصل دائرة التغذية ثم تنظم شدة التيار المار بواسطة مقاومة تكون فى الدائرة حتى تصل الشدة ١٥٠ ٪ من الشدة المقررة له ويترك المحرك دائراً جملة ساعات .

١١ — الخلل . ارتفاع درجة ملف أو أكثر من ملفات عضو الاستنتاج ارتفاعاً زائداً بعد الادارة بقليل . هذا فضلا عن ان الآلة لا تغـذى نفسها أو تحتاج لقوة كبيرة اذا كانت التغذية من الخارج

السبب — قصر فى دائرة ملف أو أكثر من ملفات عضو الاستنتاج

التصليح — القصر فى دائرة اللفات يحدث مما يأتى .

ا — لمس سلكين من الأسلاك الجانبية التى على نهايتى عضو الاستنتاج لبعضهمـــا .

ب — بوجود قطعة معدن أو لحام زائدة بين قضيبين من قضبان عضو التوحيد ففى الحالة الاخيرة يسهل رفع القطعة الزائدة وأما اذا كان القصر موجوداً فى دائرة الملف نفسه فيصلح باعادة لفه ثانياً أو لف جميع عضو الاستنتاج ان احتاج الأمر.

تنبيه . يلزم وقف الآلة مباشرة بعد ظهور الخلل والا تحترق بعد قليل

١٢ — الخلل . عضو الاستنتاج يسخن كثيراً بعد الادارة بقليل والسير مشدود مع وجود ذلقات كثيرة بينه وبين الطنبور

السبب — الآلة محملة زيادة عن طاقتهـا بمعنى أن شدة التيار الخارج من الدينامو يزيد كثيراً عن مقداره القانونى أو أن الشغل الميكانيكى المأخوذ من الآلة المحركه كان كبيراً جداً

التصليح . خفف الحمل

التسخين الزائد الذي يحدث في عضو التوحيد والفرشة

بند ١٧٢ — ١٣ — الخلل . تغطية عضو التوزيع بطبقة سوداء وارتفاع درجة حرارة كل من العضو والفرش

السبب — الفرش لينة فتتآكل وتغطى عضو التوزيع بطبقة تسبب زيادة فى مقاومة تلامس الفرش بالعضو.

التصليح — صنفر عضو التوزيع بورق صنفرة ناعم وضع عليه قليلا من الزيت النظيف واستعمل فرش صلبة

١٤ — الخلل — ارتفاع فى درجة حرارة كل من عضو التوحيد وفرش الكربون وعند تقليل الضغط بينهما تختفى هذه الحرارة .

السبب — « ا » ضغط الفرش على عضو التوحيد كبير

« ب » الكربون المستعمل صلب جداً

التصليح — « ا » خفف من ضغط الفرش على العضو بواسطة حامل الفرشة

« ب » استعمل كربون أقل صلابة

١٥ — الخلل — الفرش تسخن قبل عضو التوحيد وزيادة عنه

السبب — كثافة التيار فى الفرش كبيرة

التصليح — هذا الخلل كثير الحدوث فى فرش الكربون بخلاف الفرش المعدنية لأن الأخيرة جيدة التوصيل للكهرباء . فلاجتناب ذلك تستعمل فرش معدنية أو مصنوعة من النحاس والكربون معاً

١٦ — الخلل . وجود شرر فى الفرش وعند ازاحتها عن موضعها يقل أو يكثر هذا الشرر

السبب — الفرش فى غير موضعها الصحيح

التصليح — حرك رافعة الفرش باعتناء حتى تجد الموضع الصحيح لها ويختفى الشرر

١٧ — الخلل — حين دوران عضو الاستنتاج ببطء يشاهد صعود وهبوط الفرش على عضو التوحيد وعند الدوران بسرعة تحصل اهتزازات فيها

السبب — (١) قضبان عضو التوحيد ليست ذات صلابة واحدة فاللينة تآكلت قبل الصلبة وقد يحصل ذلك كثيراً فى قضبان البرنز بخلاف النحاس الأحمر الصلب

(٢) حلقة عضو التوحيد مفكوكة ويمكن التحقق من ذلك بوضع قطعة خشب على العضو والضرب عليها بمطرقة صغيرة فتدخل بعض القضبان تحت تأثير ضغط المطرقة

التصليح — (١) يخرط عضو التوحيد تماماً

(٢) تربط جيداً حلقة عضو التوحيد وهو فى درجة حرارة مرتفعة

١٨ — الخلل . الفرش تهتز وتخرج صوتاً وشرراً مع أن عضو التوحيد ناعم السطح وقد تظهر على سطحه بقع سوداء ان كانت الفرش من الكربون

السبب — ارتفاع المادة العازلة التى بين قضبان عضو التوحيد عن سطح القضبان وقد يحدث ذلك من سببين

(١) اذا كانت المادة العازلة مصنوعة من الميكا فهى أحياناً لا تتآكل بسرعة كالقضبان نفسها ولهذا السبب تكون بارزة عن سطح القضبان وكثيراً ما يكون هذا البروز صغيراً حتى لا يمكن ادراكه بطرف الاظافر

(٢) ارتجاج فى القضبان

التصليح — (١) (أنظر نمرة ٣ فى هذا الفصل)

(٢) تثبت القضبان جيداً وهى ساخنة

الفصل الثاني

المحركات

بند **١٧٢** — (١) الخلل — عدم دوران المحرك مع أن التيار مار فى عضو استنتاجه واذا أدير هذا العضو باليد يحصل شرر

السبب — غير موجود تيار فى ملف عضو التوليد أما لحصول قطع فيه أو أن ملفات الأقطاب متصلة بعكس بعضها

التصليح — يبحث عن القطع ويصلح أو توصل الملفات فى اتجاه واحد

(٢) الخلل — عدم وجود تيار فى عضو استنتاج المحرك

السبب — مفتاح توصيل الدائرة العمومية مفتوح أو المصهر مقطوع

التصليح — اقفل الدائرة أوغير المصهر

(٣) الخلل — التيار مار فى عضو الاستنتاج والتوليد والمحرك محمل ودائر كعادته ولكن عند ارجاع يد منظم بدء الحركة (لايقاف المحرك) لنقطة الابتداء تزداد كثيراً شدة التيار فى عضو الاستنتاج

السبب — الحمل المحمل به المحرك كبير جداً أو أن الاحتكاك فى اللقم (أى المفقود الميكانيكى) عظيم

التصليح — قلل من حمل المحرك أوأصلح اللقم

(٤) الخلل — التيار مار فى عضو التوليد والاستنتاج ولكن هذا الاخير يمكن تدويره فقط باليد بكل صعوبة

السبب — حرق ملف أو أكثر من ملفات عضو الاستنتاج

التصليح — اصلح العضو

زيادة ونقص سرعة المحركات

بند ١٧٣ — (٥) الخلل — سرعة المحرك منخفضة جداً ودرجة حرارة عضو الاستنتاج مرتفعة

السبب — المحرك محمل زيادة عن طاقته ويمكن معرفة ذلك بوضع أمبيرومتر في الدائرة فيشاهد ان التيار المار شديد جداً

التصليح — قلل من الحمل حتى يقرأ الامبيرومتر المقدار القانوني واذا لم يتأتى تصغير الحمل فصغر قطر طنبور المحرك أو كبر قطر طنبور الآلة المحمل بها المحرك .

(٦) الخلل — سرعة المحرك تكون كبيرة جداً ان كان الحمل خفيفاً وبالعكس .

السبب — مغناطيسية عضو التوليد ضعيفة وتوصيل ملفاته معكوس

التصليح — أنظر نمرة ١

(٧) الخلل — سرعة دوران المحرك التوالى كبيرة جداً

السبب — الحمل صغير

التصليح — التغذية فى محركات التوالى تتعلق على التيار العمومى . فاذا كان الضغط المستمد من الينبوع لادارة المحرك ثابتاً فكلما كان هذا التيار صغيراً كلما كانت السرعة كبيرة وعلى ذلك اذا رفع الحمل عن هذا النوع من المحركات فان سرعته تصل لدرجة عظيمة جداً

ولذلك يجب توصيل هذا النوع مباشرة بالآلة التى يديرها والا فربما ينزلق السير (اذا لم تكن التوصيلة مباشرة) فترتفع سرعته للحد الذى يكون خطراً على المحرك .

التصليح — يجب أن لا يقل الحمل المحمل به هذا النوع عن $\frac{1}{4}$ مايتحمله

جدول اجوبة مسائل التمرينات فى آخر كل باب

الباب الأول

(١) ٣٫٨ أمبير (٢) ٣٢٠٠ لفة (٣) ١٣٦ خطاً ، ٫٠٠٠١٢٥ فلت ، ٫٠٠١٣٦ هنرى ، ٫٠٠٠٠٢٥ كولوم ، ٫٠٠٠٠٠٠٢٥ (٤) ٦٣ ارج تقريباً (٥) ١٫٣ ميكرو كولوم تقريباً

الباب الثانى

(١) ٢٫٧ × ١٠^٦ (٢) ٩٠٠ سلك (٣) ٣٢ سلك (٤) امامية = ٩ ، خلفية = ٧ (٥) ٤٦ (٦) ١١ ، ١١ (٧) ١٫١ فلت (٨) ٣٫٢ كيلو جرام

الباب الثالث

(١) ١٫٣٤" (٣) ٨٠ أمبير ، ١١١٫٧ فلت (٤) — مركب قصير — ٫٥٢٥" ، ٥٤٫٧" ، ٢٠١٫٩٢ أمبير ، ١٠٩٫٩ فلت — طويل — ٫٥٢٢" ، ٥٤٫٤" ، ٢٠١٫٩٢ أمبير ، ١٠٩٫٩ فلت (٥) ١٠ فلت ، ٢٠١٫٩ أمبير ، ٫٠٤٩" (١١) ٩٧٪

الباب الرابع

(٣) ١٢٢٠ (٤) مركب قصير — ٩٠٫٨ ٪ ، ٩٠٫٥٪ مركب طويل — ٩٠ ٪ ، ٨٩٫٧ ٪ (٦) ٫٠٠١٨٣ من الثانية (٧) ١٨٫١ × ١٠^٦

الباب الخامس

(١) ٥٩٫٩ رطل قدم (٢) ٤٥٦٫٢٤ فلت (٣) ١٠٠٧ دورة فى الدقيقة

الباب السادس

(١) ١٧٨٢ (٢) ١٠٥,٣ دورة فى الدقيقـة (٣) ١٠٢ (٤) ٤٦ كيلو جرام متر

الباب السابع

(١) ١٠ خطوات ، مقاومة كل خطوة ٢,٨" ، ١,٨" ، ١,١" ، ٧ر" ، ٤٧ر" ، ٣ر" ، ١٩ر" (٢) ٧ خطوات ، مقاومة كل خطوة ٢,٤" ، ١,٨" ، ١,٣" ، ٩ر" ، ٦ر" ، ٤٥ر" ، ٣٢ر" ، ٢٤ر" ، ١٧ر" ، ١٢ر"

الباب الثامن

(١) ٩٧ ٪ (٢) ٨٩ ٪ ، ٧٩ ٪ (٣) ٨٦ ٪ (٤) ٩٨ ٪ ، ٩٣,٦ ٪ (٦) ٣٩,٤ أمبير (٧) ٨٦٤,٩ دورة فى الدقيقة ، ٢٤٣,٩٢ فلت

الباب التاسع

(٤) الاول = ١٤٥ $\frac{٧}{١١}$ أمبير . والثانى = ١٤ $\frac{٤}{١١}$ أمبير

الباب العاشر

(١) ١٢٠٪ (٢) المنقود ينخفض الى ٧٥٪ ، ½ المساحة ، ٤ مرات (٣) الضغط ينخفض الى ١٩٥,٥ فلت على الطرف الموجب ويرتفع الى ٢٤٤,٥ على الطرف السالب

الباب الحادى عشر

(١) ٦٣ عمود ، ٧٠ عمود (٢) ٠,٠٠٠٥" (٣) ٨٥ ٪ ، ٨٣٪ (٦) ٥٤٧ أمبير ساعة

بعض الاصطلاحات المأخوذة بالانجليزية

Magnetic force of current	قوة التيار الكهربائى المغناطيسية
Electrical Energy	الطاقة الكهربائيه
Mutual induction	الاستنتاج المتبادل
Self induction	« الذاتى (أو النفسى)
Magnetic flux	التدفق المغناطيسى
Magnetic hysterisis	القصور المغناطيسى
Residual magnetism	المغناطيسية الباقية
Primary winding	الملف الابتدائى
Secondery winding	الملف الثانوى
Hysterisis loop	منحنى الدورة المغناطيسية
Armature	عضو الاستنتاج (أو الانتاج)
Commutator	عضو التوحيد
Field magnets	أقطاب عضو التوليد (أو التنبيه)
Field windings	لفات عضو التوليد
Armature windings	لفات عضو الاستنتاج
Yoke	حامل الاقطاب فى الدينامو
Magnet core	قلب القطب
Pole pitch	الخطوة القطبية
Pole arc	القوس القطبى
Lap windings	لفات انطباقية
Wave windings	لفات تموجية
Shunt wound dynamo	دينامو توازى
Series wound dynamo	دينامو توالى

Compound wound dynamo	دينامو مركب
Short shunt	مركب قصير
Long shunt	مركب طويل
Back clectromotive force	القوة الدافعة الرجعية
cummutative compound wonnd dynamo	مركب اضافى
Differential compound wound dynamo	مركب تفريقى
Boosters	مساعدات
Armature reaction	رد فعل عضو الاستنتاج
Electric arc	القوس الكهربائى
End cells	أعمدة احتياطية
To charge the battery	شحن البطارية
To discharge	التفريغ
Neutral zone	منطقة الحياد
Short circuit current	تيار القصر
Neutral wire	سلك الحياد
Equaliser	سلك التعادل
Balancers	أجهزة التوازن
Auxiliary Poles	أقطاب مساعده
Ampere turns	أمبير لفات
Torque	العزم
Accelerating torque	عزم الدوران
Retarding torque	العزم الرجعى
Fuses	المصهرات
Characteristic curve	المنحنى الخاص
Magnetisation curve	منحنى التمغطس

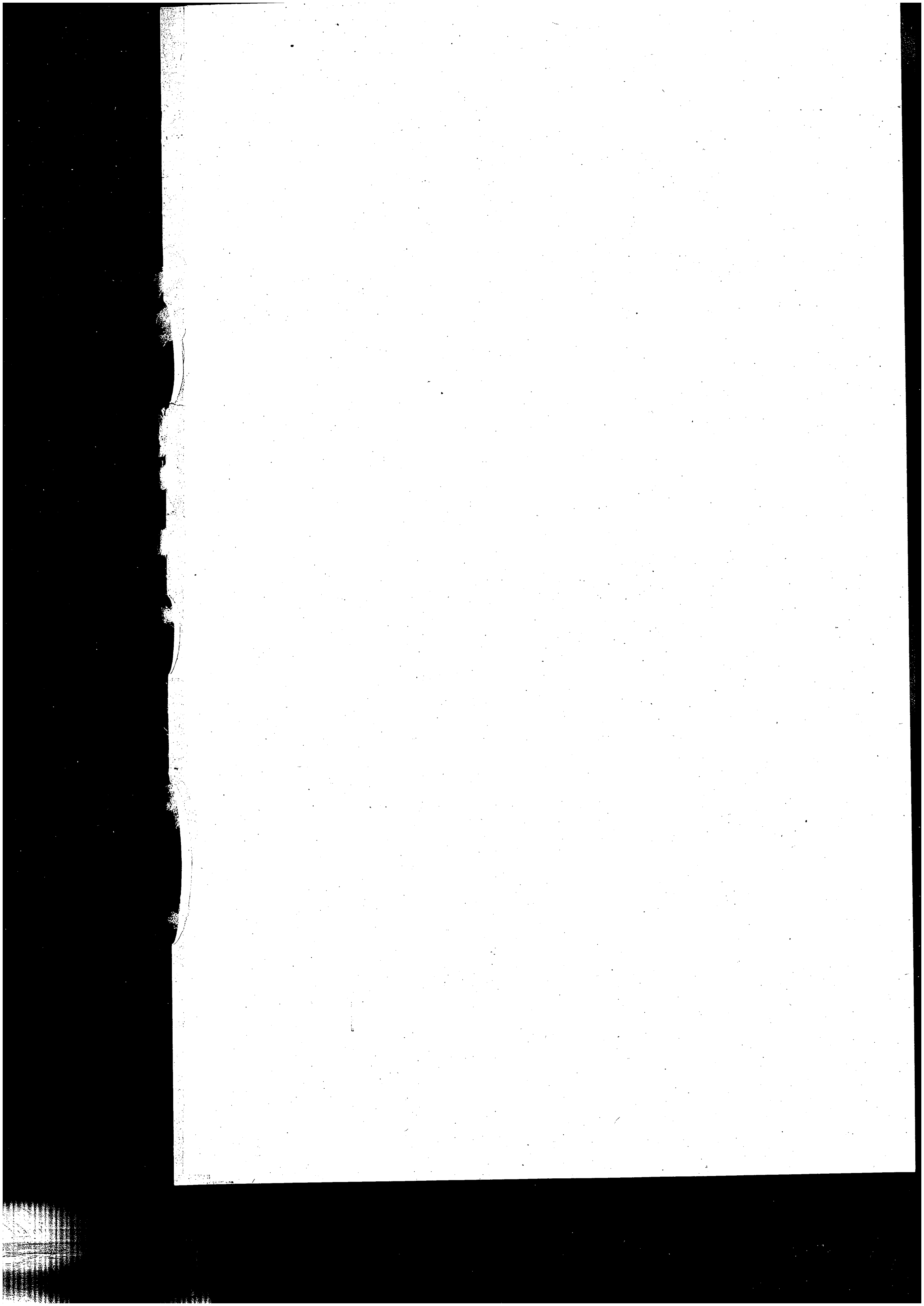
جدول تصحيح الخطا

الصحيفة	السطر	الخطأ	الصواب
٣	٢٠	وكبنى	مركبتى
٦	١٠	الوجة	الوجهة
٦	١٨	يد	بد
١٩	شكل ١٢	ﺣ ش	ا ب
٢٠	شكل ١٤	القطب الشمالى الايضاح	القطب الشمالى محذوف للايضاح
٢٤	٨	عذا	هذا
٢٥	١٣	سانناً	ساكناً
٢٨	٢٢	والفلنمترات	والفلتمترات)
٣٢	١٢	× ى س	× ى س
٣٥	شكل ٢١	[illegible]	[illegible]
٣٧	٧	يكن	يمكن
٤٠	٩	(	) ٨ﺭ
٤٧	٧	؛	ز
٤٧	١٣	البناء	التيار
٤٨	١٨	ثلت	فلت
٥٣	٨	معذول	معزول
٦٦	١٤	من المغناطيسى	المغناطيسى
٧٩	شكل ٤٧	ﺣ ﻫ	ع ﻫ
٨٥	٤	جمع	جميع
٨٨	١٧	على طول	على طول وجه القطب
٨٨	٢١	استعمالى	استعمال
٨٩	شكل ٦١	—	الدوران عكس عقرب الساعة
١٠٠	١٥	ز	ز١
١٠٥	٤	الانطبقاية	الانطباقية
١١١	٩ ، ١٢	القرص	القوس
١٣٨	٣	عن	عند
١٣٨	١٣	١٧٢٠	٧١٢٠
١٥٧	٥	و ا	و٢ا

الصحيفة	السطر	الخطأ	الصواب
١٦٠	٢١	اذاً فالـكسر = —	اذاً فالـكسر —
١٧١	شكل ٢٢	شكل ٢٢	شكل ١٢٢
١٨٢	١٠	(س — س)	(سً — سً)
١٨٢	١١	$(س — س_{})$	$(س — س_{١})$
١٨٦	١٧	$(و + و_{١})$	$(و + و_{١}) \times ١٠٠٠$
١٩٢	١٦	العاذلة	العازلة
٢٣١	٤	كايهما	كلتيهما
٢٣٣	٨	التشبع	التشبع)
٢٣٤	١	٤ امبير	٤٠ امبير
٢٥٦	٢ ، ٦	١٩٠٤٠٠ر	١٩٠٤٠٠٠ر
٢٦٧	١٥	—	تيار لفات التوليد = ٢ امبير
٢٦٨	٢١	٩٦٠	٩٦١
٢٧٣	٢١	تيار	تياراً
٢٨٢	١	وأن	أن
٢٨١	١	الاولى	الاول
٢٨١	١٠	الناتجة	الناتج
٢٨٦	٥	والشكل ١٧٣	والشكل ١٨٣
٢٨٦	١٥	لجهاز	لجهازا
٣٠١	١٥	بالبطرية	بالبطارية
٣٠٣	٨	قطعتين	قطعتان
٣٠٣	١٣	المقاومتين الـكربونيتين	المقاومتان الـكربونيتان
٣١٣	١٢	بند ١٥٣	بند ١٥٢
٣٢٠	١٥	فالمعدنين المستعملين	فالمعدنان المستعملان
٣٢١	٥	$ن \times ك^{\frac{٣}{٢}}$	$ن^{\frac{٣}{٢}} \times ك$
٣٢٥	٤	انتج	انفتح
٣٢٧	٢٠	للميزن	للميزان
٧٣	المسألة (٣)	—	الطول ١٠٠ سنتم ومساحة المقطع ١٠ سنتم٢

تابع جدول الخطأ والصواب

الصحيفة	السطر	الخطأ	الصواب
١٣	٤	دوائراً	دوائر
٤٠	١٢	٢٠ سنتم^{٢}	٢٠ سنتم
٧٣	٨	٢٠ سنتم	٢٠ سنتم^{٢}
٩٥	١٤	سرعة	مربع السرعة
١١١	—	شكل ٨١	شكل ٧٨م
١٩٣	١٣	٦٪	٦٥٪
٢١٨	١٦	٩٩	٩٩٠
٢٣٢	٩	دينامو	محرك
٢٣٥	٩	١٠,٠٥"	٠٥ر"
٢٤٩	المسألة (٢)	على أقصى حمل = ٥٣ امبير	المسموح بها في بدء الحركة = ٥٣ امبير وعلى أقصى حمل = ٣٨ امبير
٣٥٦	٥	١٠ خطوات	٧ خطوات
٣٥٦	٦	٧ خطوات	١٠ خطوات
٣٥٨	٥	Cumutative	Cumulative
٢٦٧	المسألة (١)	—	مقاومة لفات التوازى = ٥٧"
٢٨٤	١٢	بند ١٥٣	بند ١٣٤م
٢٨٨	٤ ، ٦	بند ١٣٧	بند ١٣٦
٣٠١	١٣	التفريغى	التفريقى
٣٥٣	٣	بند ١٧٢	بند ١٧٢م
٣٥٥	١٢	٥٢٥ر"	٥٢٣ر"
٣٥٥	١٦	١٢٢٠	١٢٦٤



فهرست كتاب الهندسة الكهربائية

(الكلمة الأولى)

الباب الاول فى الملفات الكهربائية

الباب الثانى فى الدينامو

الباب الثالث فى تغذية أقطاب الديناموات

الباب الرابع فى الانفعالات الداخلية فى الدينامو وتأثيرها

الباب الخامس فى المحركات الكهربائية

الباب السادس فى العلاقة بين السرعة والحمل

الباب السابع فى مقاومات بدء الحركة

الباب الثامن فى كيفية ايجاد جودة الدينامو والمحرك

الباب التاسع فى توصيل الديناموات

الباب العاشر فى التوزيع بثلاثة أسلاك

الباب الحادى عشر فى البطاريات الثانوية

الباب الثانى عشر فى منظمات حركة محرك التوالى

الباب الثالث عشر فى أجهزة الامن الكهربائية

الباب الرابع عشر فى الموصلات ولوحة التوزيع

الباب الخامس عشر فى خلل الآلات الكهربائية

